



Universidade de Aveiro Departamento de Física
2008

**Isabel Maria Barreiros
de Castro Chaves**

**Trabalhos Práticos Liceais em Perspectiva
Histórica**



**Isabel Maria Barreiros
de Castro Chaves**

**Trabalhos Práticos Liceais em Perspectiva
Histórica:
O caso dos trabalhos de Electricidade e
Magnetismo.**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino da Física, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Isabel Maria Coelho de Oliveira Malaquias, Professora Associada do Departamento de Física da Universidade de Aveiro, e do Professor Doutor Manuel Almeida Valente, Professor Associado do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

O júri

Presidente

Professor Doutor Manuel Almeida Valente

Professor Associado do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Vogais

Professora Doutora Isabel Maria Coelho de Oliveira Malaquias

Professora Associada do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Décio Ruivo Martins

Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Agradecimentos

Os meus agradecimentos destinam-se a todas as pessoas que me ajudaram na elaboração deste trabalho e que estão ligadas ao meu percurso pessoal e académico. Em particular,

Aos meus orientadores, Prof.^a Doutora Isabel Maria Coelho de Oliveira Malaquias e Prof. Doutor Manuel Almeida Valente, pela orientação atenta e sugestões preciosas que permitiram a realização deste trabalho.

Aos meus pais e à minha avó Adelina, pelo encorajamento, carinho e paciência que sempre tiveram comigo.

A todos os amigos e colegas que pela sua amizade e apoio tornaram este percurso mais alegre e enriquecedor.

A TODOS, MUITO OBRIGADA.

Palavras-chave

História do Ensino das Ciências; Electricidade e Magnetismo; Manuais de Trabalhos Práticos.

Resumo

O processo de ensino-aprendizagem tem sofrido evoluções significativas ao longo dos últimos anos, nomeadamente no que diz respeito ao trabalho laboratorial. Este trabalho oferece uma visão histórica, tão abrangente quanto possível, do trabalho laboratorial realizado nos liceus portugueses e da sua relação com o processo de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados com a Electricidade e o Magnetismo, no período compreendido entre 1855 e 1973.

Para tal, identificou-se a partir de que data é que se implementou a obrigatoriedade da componente prática de Física nos liceus e quando surgiu a primeira lista de trabalhos práticos obrigatórios referentes a essa mesma disciplina. Investigaram-se também os aspectos mais valorizados pela legislação na implementação do trabalho experimental de Física. O seu reflexo nos manuais de trabalhos práticos foi estudado recorrendo à pesquisa e análise de duas amostras de manuais de trabalhos práticos referentes a duas reformas educativas distintas (Reforma de 1936 e Reforma de 1954).

O conhecimento da forma como os trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo foram implementados permitiu evidenciar características relevantes do modelo de trabalho prático de Física realizado nos liceus, no período em estudo. Essas características prendem-se com a importância atribuída à introdução teórica e aos métodos experimentais a utilizar na execução do trabalho prático; à presença de um ou mais métodos experimentais para a medição de uma dada grandeza física; à apresentação da constituição e modo de funcionamento do material laboratorial; à destreza manual e observação cuidada na prática de operações elementares de laboratório, principalmente medições; à utilização de simbologia coerente e explicitação do seu significado; à valorização explícita do registo nos trabalhos laboratoriais e à capacidade de interpretar resultados.

Keywords

History of Science Teaching, Electricity and Magnetism; Laboratory Textbooks.

Abstract

The teaching-learning process has been suffering important changes in the last years, especially concerning the laboratorial practice. This work offers a historical view, as extended as possible, of the laboratorial practice performed in the Portuguese high schools mainly related with concepts of Electricity and Magnetism, between 1855 and 1973.

The moment in which the implementation of the laboratory practice of Physics became part of the official programme an obligation in high schools was identified, as well as it appeared the first list of experiments of Physics in official documents. The main aspects valued by the legislation in the implementation of the practical component of Physics were also studied. Their impact on the laboratory textbooks has also been studied through the analysis of two samples of laboratory textbooks referring to two different education reforms (1936's Reform and 1954's Reform).

To know how the experiments on Electricity and Magnetism have been implemented allowed seeing the most important characteristics of a model for laboratorial work in Physics in high schools during the chosen period. Those characteristics comprehend: the importance given to the theoretical introduction and to the experimental methods; the presence of one or more experimental methods to make physical measurements; the constitution and functioning of the laboratory equipment; the handling of the instruments and the careful observation of laboratorial procedures, namely the measurements; the use and understanding of scientific symbols; the value given to laboratorial registers and to the interpretation of experimental results.

Índice

Resumo.....	V
Abstract.....	VI
Índice.....	VII
Índice de Figuras.....	IX
Índice de Tabelas, Diagramas e Gráficos.....	XII
Capítulo 1. Introdução e Objectivos	1
Capítulo 2. Legislação e trabalhos práticos de Física.....	5
2.1. Contextualização do aparecimento dos trabalhos práticos de Física com as principais reformas operadas no ensino.....	5
2.1.1. Reforma de 1917.....	7
2.1.2. Reforma de 1918.....	8
2.1.3. Reforma de 1929.....	12
2.1.4. Reforma de 1930.....	15
2.1.5. Reforma de 1931.....	17
2.1.6. Reforma de 1936.....	18
2.1.7. Reforma de 1947.....	19
2.1.8. Reforma de 1948.....	19
2.1.9. Reforma de 1954.....	20
2.2. Análise da evolução da metodologia de implementação dos trabalhos práticos de Física na legislação.....	21
2.3. Análise da evolução da escolha dos trabalhos práticos de Física na legislação.....	26
Capítulo 3. Seleccção de manuais de trabalhos práticos e respectivos critérios de análise.....	33
3.1. Seleccção da amostra de manuais de trabalhos práticos	33
3.2. Escolha dos critérios de análise dos manuais seleccionados.....	36

Capítulo 4. Análise dos trabalhos práticos	43
4.1. Análise dos trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo: amostra A (1936 - 1947).....	43
4.1.1. Medição da resistência de um condutor: método de substituição	43
4.1.2. Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior	57
4.1.3. Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio	69
4.1.4. Determinação da declinação e da inclinação magnética terrestres	88
4.2. Análise dos trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo: amostra B (1948 - 1954).....	104
4.2.1. Medição da resistência de um condutor: método da ponte de Wheatstone e pela ponte de fio e cursor	104
4.2.2. Comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro.....	114
4.2.3. Determinação da potência de uma lâmpada de incandescência.....	118
Capítulo 5. Discussão.....	131
Capítulo 6. Considerações finais	141
Bibliografia e outros recursos.....	145

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de circuito – método de substituição (manual 1).....	46
Figura 2. Tabela de sinais gráficos a empregar nos esquemas de instalações eléctricas (manual 1).....	47
Figura 3. Registo da medição da resistência de uma bobina (manual 1).....	47
Figura 4. Esquema da montagem experimental – método de substituição (manual 2).....	49
Figura 5. Caixa de resistências (manual 3).....	50
Figura 6. Esquema da montagem experimental – método de substituição (manual 3).....	51
Figura 7. Tabela de registo de dados (manual 3).....	53
Figura 8. Tabela de dados para um desvio diferente da agulha do galvanómetro (manual 3).....	53
Figura 9. Sinais gráficos adoptados pela Comissão Electrotécnica Portuguesa (manual 4).....	54
Figura 10. Caixa de resistências (manual 4).....	55
Figura 11. Esquema do circuito eléctrico – método de substituição (manual 4).....	56
Figura 12. Esquemas de associações de pilhas (manual 2).....	58
Figura 13. Esquemas de associações de pilhas (manual 2).....	60
Figura 14. Esquema da montagem experimental (manual 2).....	61
Figura 15. Tabela informativa acerca de alguns elementos de pilha mais utilizados (manual 3).....	62
Figura 16. Esquemas de associações de pilhas (manual 3).....	62
Figura 17. Esquema da montagem experimental para a associação em série (manual 3).....	63
Figura 18. Quadro exemplificativo de registo de dados obtidos com 6 elementos <i>Leclanché</i> (manual 3).....	64
Figura 19. Esquema de associações de pilhas (manual 4).....	65
Figura 20. Tabela com de medições de intensidade de corrente para diferentes associações pilhas (manual 4).....	66
Figura 21. Esquema de montagem da associação em série (manual 5).....	67
Figura 22. Esquema e montagem da associação em paralelo (manual 5).....	67
Figura 23. Esquema de montagem da associação mista (manual 5).....	67
Figura 24. Tabela de registo de dados (manual 5).....	68
Figura 25. Tabela informativa sobre resistências de vários materiais (manual 5).....	68
Figura 26. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio (manual 2).....	69

Figura 27. Esquema de montagem - voltâmetro de cobre (manual 1).....	72
Figura 28. Exemplo para aferição do ponto 1,00 da graduação do amperímetro Chauvin nº 41.854 (manual 1).....	73
Figura 29. Esquema de montagem - voltâmetro de cobre (manual 2).....	75
Figura 30. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio (manual 2).....	76
Figura 31. Desenho de um voltâmetro de cobre (manual 3).....	78
Figura 32. Esquema de montagem – voltâmetro de cobre (manual 3).....	79
Figura 33. Apresentação do item “ <i>Experiências</i> ” – voltâmetro de cobre (manual 3)..	79
Figura 34. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio ou de Hoffmann (manual 3).....	80
Figura 35. Apresentação do item “ <i>Experiências</i> ” – voltâmetro de hidrogénio (manual 3).....	82
Figura 36. Esquema de montagem - voltâmetro de cobre (manual4).....	84
Figura 37. Apresentação do registo das observações do item “ <i>Exemplo</i> ” – voltâmetro de hidrogénio (manual 4).....	84
Figura 38. Apresentação dos cálculos do item “ <i>Exemplo</i> ” – voltâmetro de hidrogénio (manual 4).....	84
Figura 39. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio (manual 4).....	86
Figura 40. Tabela informativa das tensões máximas do vapor de água (manual 4).....	86
Figura 41. Tabela informativa dos equivalentes electroquímicos (manual 5).....	87
Figura 42. Esquema de uma bússola (manual 5).....	88
Figura 43. Desenho de uma bússola de inclinação magnética (manual 5).....	89
Figura 44. Apresentação do item “ <i>Exemplo</i> ” (manual 1).....	92
Figura 45. Esquema de uma bússola (manual 2).....	93
Figura 46. Desenho de uma bússola de inclinação magnética (manual 2).....	94
Figura 47. Esquema para a determinação da meridiana geográfica: processo do gnómon (manual 3).....	96
Figura 48. Esquema para a determinação da meridiana geográfica:: processo do relógio (manual 3).....	97
Figura 49. Esquema para a medição da inclinação magnética utilizando uma bússola de declinação magnética (manual 3).....	98
Figura 50. Apresentação do item “ <i>Experiência</i> ”- tabela de registo de dados (manual 3).....	99
Figura 51. Esquema de uma bússola (manual 5).....	101
Figura 52. Apresentação do item “ <i>Exemplo</i> ” - bússola de declinação magnética (manual 5).....	102
Figura 53. Desenhos de bússola de declinação magnética (manual 5).....	103

Figura 54. Bússola de inclinação magnética: exemplo de utilização (manual 5).....	103
Figura 55. Esquema de montagem da ponte de Wheatstone (manual 7).....	105
Figura 56. Esquema de montagem da ponte de fio e cursor (manual 7).....	106
Figura 57. Esquema de montagem de um shunt com um galvanómetro (manual 6).....	107
Figura 58. Esquema de montagem de um voltímetro com uma resistência exterior (manual 6).....	107
Figura 59. Esquema de montagem experimental da ponte de Wheatstone (manual 6).....	108
Figura 60. Apresentação do item “ <i>Exemplo</i> ” – ponte de Wheatstone (manual 6).....	109
Figura 61. Esquema de montagem experimental da ponte de fio e cursor (manual 6).....	109
Figura 62. Desenho do interior de uma caixa de resistências (manual 7).....	110
Figura 63. Desenho do exterior de uma caixa de resistências (manual 7).....	111
Figura 64. Esquema de montagem experimental da ponte de Wheatstone (manual 7).....	111
Figura 65. Esquema de montagem experimental da ponte de fio e cursor (manual 7).....	112
Figura 66. Esquema de montagem de uma caixa de resistências armada em ponte (manual 8).....	114
Figura 67. Esquema do circuito para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 8).....	114
Figura 68. Esquema do circuito para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 6).....	115
Figura 69. Esquema da montagem experimental para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 6).....	116
Figura 70. Esquema de um potenciómetro (manual 7).....	117
Figura 71. Esquema da montagem experimental para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 7).....	117
Figura 72. Esquema do circuito para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 8).....	118
Figura 73. Esquema representativo de um condutor atravessado por uma corrente eléctrica i (manual 6).....	119
Figura 74. Esquema da montagem experimental para a determinação da potência consumida por uma lâmpada de incandescência (manual 6).....	120
Figura 75. Apresentação do item “ <i>Exemplo Prático</i> ” – comparação da potência consumida por duas lâmpadas de incandescência (manual 6).....	121

Figura 76. Esquema de um circuito com amperímetro e voltímetro –I (manual 7).....	123
Figura 77. Esquema de um circuito com amperímetro e voltímetro –II (manual 7).....	123
Figura 78. Apresentação do item “ <i>Exemplo Prático</i> ” – <i>comparação da potência consumida por duas lâmpadas de incandescência</i> (manual 7).....	124
Figura 79. Esquema da montagem experimental para a determinação da potência consumida por uma lâmpada de incandescência (manual 8).....	125

Índice de Tabelas, Diagramas e Gráficos

Tabela 1. Horas lectivas das disciplinas de Ciências no curso complementar.....	7
Tabela 2. Reformas educativas referentes à implementação dos trabalhos práticos de Física nos liceus portugueses.....	22
Tabela 3. Reformas educativas referentes à implementação dos trabalhos práticos de Física nos liceus portugueses (cont. I)....	23
Tabela 4. Reformas educativas referentes à implementação dos trabalhos práticos de Física nos liceus portugueses (cont. II).....	24
Tabela 5. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo promulgados por reformas educativas.....	27
Tabela 6. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo promulgados por reformas educativas (cont. I).....	28
Tabela 7. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo promulgados por reformas educativas (cont. II).....	29
Tabela 8. Manuais excluídos do processo de análise de entre a amostra de manuais pesquisados.....	34
Tabela 9. Amostra A: manuais de trabalhos práticos seleccionados que abrangem o período da reforma desde 1936 até 1947.....	35
Tabela 10. Amostra B: manuais de trabalhos práticos seleccionados que abrangem o período da reforma desde 1947 até 1954.....	35
Tabela 11. TP1_ Medição da resistência de um condutor: método da substituição....	127
Tabela 12. TP2_ Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior.....	128
Tabela 13. TP3_ Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio.....	128
Tabela 14. TP4_ Determinação da declinação e da inclinação terrestres.....	129

Tabela 15. TP5_ Determinação da resistência de um condutor: ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor.....	129
Tabela 16. TP6_ Comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro.....	130
Tabela 17. TP7_ Determinação da potência de uma lâmpada de incandescência.....	130
 Diagrama 1. Localização temporal das amostras A e B no contexto das principais reformas legislativas referidas.....	36
 Gráfico 1. Representação gráfica dos critérios de análise em função da sua presença nos trabalhos práticos (TP's) analisados.....	134

Capítulo 1 – Introdução e Objectivos

Neste trabalho propomo-nos oferecer uma visão histórica, tão abrangente quanto possível, sobre a institucionalização e implementação dos trabalhos práticos de Química e Física, nos liceus portugueses, em particular, sobre os que se relacionam com Electricidade e o Magnetismo, no período compreendido entre 1855 e 1973.

Estes limites temporais prendem-se com o facto de 1855 ser o ano do começo oficial do ensino da Física e Química no ensino liceal em Portugal (Decreto de 1 de Dezembro de 1855) e de 1973 ser o ano da reforma de Veiga Simão, última reforma educativa antes da mudança de regime político para o que vigora actualmente (Lei nº5/73 de 25 de Julho de 1973).

A escolha da temática de Electricidade e Magnetismo relaciona-se com o interesse pessoal da autora e com o facto destes conteúdos serem ainda hoje actuais, tendo sofrido uma evolução relativamente acelerada nos séculos XIX (Martins, D.R. & Alte da Veiga, L., 1992) e XX (Crato, 2006). O período temporal escolhido permitirá obter uma perspectiva da evolução do ensino desta temática no ensino liceal em Portugal.

Com o intuito de desvendar quais os aspectos mais valorizados na componente prática de Física nos liceus no período considerado, procedeu-se à pesquisa de fontes primárias (Kragh, 2001).

Segundo Luís de Albuquerque (Albuquerque, 1960), *“as leis escolares quase sempre acusam, como fiel de balança sensível, os verdadeiros desígnios dos legisladores e dos governos”*. Assim sendo, e desempenhando os diplomas legais um papel crucial na interpretação dos programas, indicações metodológicas e manuais escolares e, até mesmo, na forma de organizar o espaço onde decorre o trabalho escolar, foi necessário recolhê-los e analisá-los. Um trabalho de pesquisa semelhante a este foi levado a efeito por Saraiva (2003). Contudo, no presente caso, pretende-se estudar, não o programa da componente teórica de Física, mas sim a evolução do papel desempenhado pela componente prática da mesma disciplina. Como componente prática, entende-se a realização de trabalhos laboratoriais com controlo e manipulação de variáveis (Leite, 2001) e não a parte relativa a demonstrações experimentais.

Os principais objectivos desta primeira parte do trabalho de investigação, desenvolvida no Capítulo 2, foram identificar a partir de que data é que se começou,

institucionalmente, a valorizar a execução da componente experimental de Física nos liceus e como é que se traduziu essa mesma valorização, isto é, a que é que se deu maior relevo nessa mesma prática experimental. Para tal, pretendeu-se identificar o momento em que se procedeu à obrigatoriedade de realização dos trabalhos práticos, como uma entidade com espaço próprio, no programa da disciplina de Física e Química. Entendeu-se, nesta perspectiva, a existência de um conjunto de trabalhos práticos, regulamentados em documentos legais, a realizar no âmbito da disciplina e com horário atribuído especificamente para a sua concretização. Procedeu -se, portanto, à sua identificação e análise.

Analisaram-se, em seguida, as indicações metodológicas presentes nos vários decretos-lei e, a partir destas, procurou evidenciar-se quais os aspectos mais valorizados pela legislação na implementação dos trabalhos práticos de Física. Analisou-se a evolução da componente prática da disciplina de Física e Química até 1973, procurando relevar-se o carácter conservador ou inovador das várias reformas educativas no ensino da componente prática da Física. Esta pesquisa permitiu também conhecer quais os trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo que foram sendo seleccionados para figurar na lista de trabalhos de realização obrigatória e tentar perceber o porquê dessas mesmas escolhas.

O aparecimento de manuais de trabalhos práticos de Física é um marco que se reveste também de uma crucial importância nesta pesquisa (Carvalho, 2001). Em Portugal, um estudo que envolveu uma amostra de 521 professores de Física e Química, 92,5% dos professores referiram que o manual era uma das fontes de informação mais utilizada (Cachapuz *et al.*, 1989). O *Livro Branco da Física e da Química* (Martins *et al.*, 2002) refere, ainda, que 81% dos 1472 professores envolvidos neste estudo recorrem, muitas vezes ou quase sempre, ao manual adoptado para preparação das aulas. Ora, se tal situação ainda se verifica actualmente, em que muitos outros recursos didácticos podem ser utilizados, podemos pressupor que a importância da utilização do manual escolar foi inegavelmente superior em épocas em que outros recursos eram bastante limitados ou praticamente inexistentes (Saraiva, 2003). Assim sendo, a análise de manuais escolares (Aleixandre, 1997) e, em particular, dos manuais de trabalhos práticos permitirá compreender a maneira como a Electricidade e o Magnetismo foram abordados no ensino liceal e oferecerá pistas sobre os processos de transferência e aquisição de saberes (Almeida, 2003).

O início da comercialização destes manuais de trabalhos práticos poderá sugerir um acesso mais facilitado a fontes bibliográficas por parte de alunos e professores no que respeita aos trabalhos práticos constantes nos programas, facto este que poderá ter influenciado as práticas experimentais da respectiva disciplina. Realizou-se, então, uma pesquisa com o objectivo de encontrar manuais ou guias de trabalhos práticos pertencentes ao período considerado, revelada no Capítulo 3.

Com o intuito de perceber qual o reflexo dos aspectos mais valorizados na legislação no ensino da componente prática de Física nos liceus, reuniu-se um conjunto de manuais de trabalhos práticos. Esta pesquisa foi feita atendendo que estes guias de trabalhos práticos talvez não fossem encarados como livros de texto comuns (não existiu para este tipo de manuais, uma lista de adopção aprovada na legislação) e, por isso, a sua conservação em bibliotecas públicas poderá não ter sido devidamente acautelada.

Antes de iniciar o estudo do conjunto de manuais de trabalhos práticos escolhido, articularam-se, no Capítulo 3, as recomendações da legislação contemporânea dos mesmos, anteriormente referidas, com critérios de análise passíveis de ser observados nas amostras (Choppin, 1992; Angós, 1997).

Os critérios escolhidos, cuja presença ou ausência foi observada (Caldas, 2001) e, no caso de estarem presentes, de que forma se manifestam, foram:

1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão.
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar.
3. Apresentação do protocolo experimental.
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições.
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões.
6. Apresentação de questões.

A presença destes critérios nos trabalhos práticos analisados, apesar de poder ocorrer em graus de frequência diferente, é uma evidência de que estes obedecem aos princípios preconizados no programa para a componente prática de Física nos liceus no período considerado. Esta análise permitirá, também, reunir pistas acerca do modelo de ensino-aprendizagem da Física experimental vigente nessa época (Olesko, 2006; Lewenstein, 2007). Assim sendo, procedeu-se à análise desses trabalhos práticos, no

Capítulo 4, de acordo com os critérios anteriormente estabelecidos e, no Capítulo 5, discutiram-se os principais resultados decorrentes dessa mesma análise.

Esta temática do estudo dos trabalhos práticos liceais de Electricidade e Magnetismo, entre 1855 e 1973, está relativamente pouco estudada no nosso país. Os trabalhos de investigação cuja temática mais se aproxima da do presente estudo, dizem respeito aos manuais teóricos de Electromagnetismo e Indução Magnética nos liceus, num período temporal semelhante (Saraiva, 2003); ao estudo da introdução da disciplina de Física nos cursos dos liceus, desde o século XIX até ao 2º quartel do século XX (Amador, 2007); ao estudo de instrumentos de acústica no ensino liceal e universitário em Coimbra na segunda metade do século XIX (Constantino, 2006); ao desenvolvimento do ensino experimental da Física na Universidade de Coimbra e no Instituto Politécnico do Porto no século XIX (Gomes, 2007); ou ao estudo de instrumentos científicos e, por isso, também relacionados com o ensino da componente prática de Física (Martins & Veiga, 1992; Martins, 2001; Malaquias *et al*, 2008).

Capítulo 2 - Legislação e trabalhos práticos de Física

Neste capítulo pretende-se contextualizar o aparecimento dos trabalhos práticos, como uma entidade autónoma, no programa da disciplina de Física . Tem-se, também, o propósito de acompanhar a evolução na forma como a parte prática da referida disciplina foi sendo referenciada na legislação desde 1855 até 1973, de forma a identificar os aspectos mais valorizados ao longo do período em estudo. Para tal, procedeu-se a uma análise dos documentos legais referentes a esta matéria, dando-se especial atenção aos programas da parte prática.

2.1. Contextualização do aparecimento dos trabalhos práticos de Física com as principais reformas operadas no ensino

A 17 de Novembro de 1836 foi publicado o decreto da criação dos liceus, sendo ministro do Reino Manuel da Silva Passos. O preâmbulo do referido documento é severo relativamente ao estado do ensino em Portugal:

“o sistema actual consta na maior parte de alguns ramos de erudição estéril, quase inútil para a cultura das ciências e, sem nenhum elemento que possa produzir o aperfeiçoamento das artes e o progresso da civilização material do país.

E acrescenta-se ainda que:

“não pode haver ilustração geral e proveitosa, sem que as grandes massas de cidadãos, que não aspiram aos estudos superiores, possuam elementos científicos e técnicos indispensáveis aos usos da vida no estado actual das sociedades.” (Decreto de 17 de Novembro de 1896)

O decreto prevê, no seu artigo 68º, a criação de gabinetes de Física. No entanto, nada consta relativamente ao número de anos do curso dos liceus, às matérias das disciplinas e respectiva carga horária, nem aos manuais adoptados, estando os conselhos escolares dos liceus responsáveis por tomar estas decisões (Decreto de 17 de Novembro de 1836).

Em 1854, foi instituída, apenas nos liceus de Porto e Coimbra, a disciplina de “Física, Química e Introdução à História Natural dos Três Reinos”, mas era dada

autorização para criar esta mesma disciplina noutros liceus (Decreto de 12 de Agosto de 1854). O ano de 1855 foi o ano do começo oficial do ensino da Física no ensino liceal em Portugal porque esta disciplina foi leccionada, pela primeira vez, no liceu nacional de Coimbra (Decreto de 1 de Dezembro de 1855).

Um outro decreto-lei relevante foi publicado a 10 de Abril de 1860: o ensino da Física e da Química passaria a fazer-se em dois anos. A disciplina de “Princípios Elementares de Física e Química” era leccionada no 4º ano e a disciplina de “Física e Química elementares e introdução à História Natural dos Três Reinos” no 5º ano. Este decreto também dividiu os liceus em liceus de primeira classe (Lisboa, Coimbra, Porto, Braga e Évora) e em liceus de segunda classe (os outros). Para os liceus de primeira classe, o artigo 74º previa a existência de um gabinete de Física com instrumentos, aparelhos e máquinas *“indispensáveis para o ensino”*. Nos liceus de segunda classe, o gabinete de Física iria sendo apetrechado, segundo o mesmo documento: *“à medida que se for reconhecendo a sua necessidade e que os fundos destinados para a instrução secundária o permitirem”*.

Um novo regulamento para o ensino nos liceus é publicado a 9 de Setembro de 1863 e a Física passa a ser ministrada apenas no 5º ano. Este decreto sublinha, de novo, a necessidade de criar um gabinete de Física devidamente equipado, mas nada é referido relativamente aos programas (Decreto de 9 de Setembro de 1863).

Numa outra reforma implementada em 1872, a disciplina de “Princípios de Física, Química e Introdução à História Natural” era leccionada no 5º ano nos liceus de primeira classe, ou no 4º ano, nos liceus de segunda classe, em ambos os casos, com uma carga horária semanal de quatro horas (Decreto de 23 de Setembro 1872). É referido, neste decreto, o programa para a disciplina de Física do qual consta propriedades gerais da matéria, princípios de mecânica, hidrostática, acústica, calor, óptica, magnetismo (ímanes naturais e artificiais, processos de magnetização, magnetismo terrestre e bússolas de inclinação e declinação) e electricidade (descrição e emprego do galvanómetro, magnetização pelas correntes, solenóides, electroímãs e telegrafia eléctrica).

Em 1880, são criadas as secções de letras e ciências (Decreto de 14 de Junho de 1880), mas em 1894, a reforma conhecida como reforma de “Jaime Moniz”, termina com esta separação e os manuais destinados ao ensino secundário eram os mesmos em todos os liceus (Decreto de 18 de Abril de 1894).

A reforma de 1905 vem acabar com o regime do livro único (os livros passam a ser escolhidos pelos professores de entre uma lista publicada num documento oficial) e volta- -se a adoptar a divisão entre secção de letras e ciências nos últimos dois anos do curso liceal, que se dividia em sete classes. A Física era leccionada nas III, IV e V classes do curso geral e, no curso complementar de Ciências, nas classes VI e VII (Decreto de 29 de Agosto de 1905).

Em 1914 (*Colecção oficial da legislação portuguesa, ano de 1914, 2º semestre*), os reitores dos liceus que possuísem instalações adequadas e material de laboratório, poderiam organizar turmas constituídas pelos alunos dos 6º e 7º anos, destinadas à realização de trabalhos individuais de Física. Citando o referido documento, os trabalhos eram executados pelos alunos e pretendia-se desenvolver a sua: “*habilidade manual, faculdade de observação, espírito de investigação...*”, mas não deviam ter, segundo o legislador,

“*a feição de mera execução de receitas de observação e experiência*”
e sim o “*carácter de problemas de investigação que interessem ao aluno, e lhe permitam, por si descobrir e redescobrir*”.

Este foi um passo importante na formalização da realização dos trabalhos práticos de Física, apesar de ainda não ser um processo generalizado.

2.1.1. Reforma de 1917

O Decreto de 17 de Abril de 1917 reveste-se de particular importância na medida em que nele é prevista, pela primeira vez, uma sessão específica de hora e meia por semana para a realização de trabalhos práticos individuais de Física no curso complementar de Ciências. Este curso correspondia aos dois últimos anos dos liceus, conforme a tabela que se segue.

Conforme o próprio decreto, as horas práticas reservadas às disciplinas de Ciências no curso complementar eram:

VI			VII		
<i>Química</i>	<i>Física</i>	<i>Sciências naturais</i>	<i>Química</i>	<i>Física</i>	<i>Sciências naturais</i>
$3+1\frac{1}{2}$	$3+1\frac{1}{2}$	$3+1\frac{1}{2}$	$3+1\frac{1}{2}$	$3+1\frac{1}{2}$	$3+1\frac{1}{2}$

Tabela 1. Horas lectivas das disciplinas de Ciências no curso complementar

Relativamente aos trabalhos práticos de Física e Química o decreto diz mais:

“ Os reitores deverão prover à instituição de cursos de trabalhos práticos individuais destinados aos alunos das classes do curso complementar, nos termos do § único (artigo 8º).

§ - artigo 8º - No curso complementar é destinada uma hora e meia para trabalhos práticos individuais em cada uma das disciplinas de (...) Ciências naturais, Física e Química. Estes trabalhos efectuar-se-ão sem prejuízo das demonstrações práticas que os professores devem fazer durante o curso.”

Este decreto prevê, também, a avaliação dos alunos sob a forma de provas práticas de Física e Química com a duração de hora e meia, sendo que esta forma de avaliação manter-se-á até 1973 (a partir de 1929, o conteúdo destas provas corresponderá aos trabalhos práticos constantes dos programas aprovados em cada reforma educativa).

Sublinhe-se, a importância deste decreto num outro aspecto que irá vigorar até ao final do período em estudo (1973): o facto de ao termo *“trabalho prático”* aparecer associado o termo *“individual”* (apesar do legislador não referir explicitamente o que compreende por *“individual”*, entende-se que está previsto que cada aluno realize o trabalho prático de forma singular e não em grupo). No entanto, ainda nesse mesmo ano, este decreto é suspenso e publicado um novo decreto em 1918.

2.1.2. Reforma de 1918

A reforma de 1918 manteve a estrutura do ensino secundário preconizada pelo decreto de 17 de Abril de 1917: o curso dos liceus continuou a ser formado pelo curso geral (cinco classes) e pelo curso complementar de ciências ou letras (duas classes) (Decreto de 14 de Julho de 1918).

Todavia, a 12 de Setembro desse mesmo ano foi publicada uma regulamentação acerca da implementação desses mesmos trabalhos práticos, de carácter obrigatório, o que nunca tinha sido feito até então. O decreto-lei de 12 de Setembro de 1918 define claramente como se devem organizar as sessões de trabalhos práticos e qual a sua importância na formação do aluno. Essas indicações são referidas pormenorizadamente nos artigos 136º a 142º:

“ Art. 136º. O director de trabalhos práticos individuais será o professor da respectiva disciplina, sempre que isso seja possível.

Art. 137º. (...) Os respectivos programas serão apresentados pelos directores de trabalhos práticos num das primeiras reuniões do Conselho Escolar, em Outubro, aprovados pelo mesmo Conselho e publicados no anuário.

Os alunos serão agrupados, para a frequência das sessões de trabalhos práticos individuais, em turnos normalmente de quinze.

Art. 138º. Os alunos devem envergar blusas, munir-se de utensílios indispensáveis e organizar cadernos das dimensões fixadas pelos directores de trabalhos práticos, rubricados pelos mesmo professores, destinados a registar ou descrever os trabalhos que hajam realizado nos laboratórios, nos gabinetes ou no campo.

Art. 139º. Nos trabalhos práticos individuais serão admitidos, como livros auxiliares, os manuais e guias de laboratórios, oficialmente aprovados.

Art. 140º. As faltas dadas pelos alunos às sessões de trabalhos práticos individuais são contadas aparte, como as das outras aulas (...).

Art. 141º. O aproveitamento nos trabalhos práticos individuais será considerado juntamente com a disciplina que eles dizem respeito, sendo a nota relativa a cada período apresentada em conselho de classe pelo professor da aula teórica.”

Relativamente aos artigos 137º e 139º, note-se que não se conseguiu encontrar nenhuma lista de guias de trabalhos práticos aprovados na legislação porque, se eram os professores que escolhiam a lista de trabalhos a realizar, estes constariam dos anuários da respectiva escola e, portanto, seria difícil uniformizá-los e, consequentemente, reuni-los num único manual ou guia.

O exame do curso complementar incluiria uma prova prática relativa aos trabalhos práticos de Química e de Física com duração de hora e meia (art.255º).

Na “direcção” dos trabalhos práticos individuais, é referido que os professores têm de ter em atenção as seguintes instruções, expressas no art.142º:

“ 1ª. (...) são trabalhos executados pelos alunos, sob a direcção dos professores (...), em que se deve visar, sobretudo (...) a sua educação científica, procurando criar nele hábitos de investigação e crítica;

2ª. O trabalho deve ser individual (...) cultivando (...) a habilidade manual, a faculdade da observação, a personalidade e a iniciativa do aluno;

3ª. Não devem (...) ter feição de mera execução de meras receitas de observação e experiência; devem antes ter carácter de problemas de investigação que interessem o aluno e lhe permitam, por si, enunciar conclusões;

4ª. Na direcção e na apreciação do trabalho do aluno não deve só dar-se importância à correcção com que ele faz a observação ou pratica a experiência, mas também, e não menos, à maneira por que as interpreta e relata;

5ª. O desenho é uma maneira de expressão gráfica de que deve fazer-se, nestes trabalhos, largo e correcto uso;

6ª. Principalmente nos trabalhos de física e química, deve dar-se maior importância aos trabalhos de medição, habituando o aluno a fazê-los com todo o cuidado, criando-lhe assim os hábitos da disciplina científica;

7ª. Antes da iniciação de qualquer trabalho, deve-se exigir e ajudar o aluno na preparação do plano e na escolha do material necessário para a sua execução;

(...)

9ª. O director dos trabalhos práticos individuais e os seus auxiliares devem comportar-se principalmente como companheiros de trabalho e lembrar-se de que estes trabalhos visam a educar as faculdades do aluno, por forma que essa acção educativa se faça sentir nele, com vantagem, qualquer que seja a carreira a que se destine.”

O programa teórico da disciplina foi aprovado a 28 de Novembro do mesmo ano, ficando, como já se referiu, a escolha dos trabalhos práticos ao critério de cada professor. Do programa da VI classe do curso complementar de Ciências constavam os seguintes tópicos: Métodos gerais para o estabelecimento de leis físicas; Erros de observação; Mecânica e gravidade; Sólidos e fluidos; Calor; Estudo dos gases e

vapores; Óptica e Acústica. Da VII classe fazia parte o estudo da Electricidade e do Magnetismo.

No final do programa da disciplina estava um conjunto de “Instruções” que evidenciam os principais objectivos a atingir com o ensino da Física no final do curso complementar:

“Instruções – os fins do ensino da física no curso complementar de sciências são os seguintes: desenvolver os conhecimentos adquiridos no curso geral, aproveitando a aptidão criada no estudo da matemática; apresentar como elemento de estudo, as hipóteses e teorias físicas de mais fácil compreensão; estabelecer a transição para o ensino das escolas superiores, preparando os alunos para receberem esse ensino;...”

Relativamente à componente experimental, refere-se:

“...iniciar a prática de operações elementares de laboratório, principalmente medições, elevando a pouco e pouco o seu rigor e dificuldade; desenvolver especialmente o poder de dedução e animar o espírito de iniciativa na investigação científica.”

O excerto seguinte ilustra, também, de que forma era concebido o ensino de conteúdos para além dos estipulados no programa e o grau de flexibilidade do professor na gestão dos mesmos:

“Na execução deste programa, como nos do curso geral, não deve ser nunca esquecido o carácter elementar do ensino da física dos liceus; esquecer este carácter, para sair da esfera de acção da cultura média, é tam [sic] prejudicial como reduzir, pelo contrário, o ensino a um mínimo que, por exagerado, se possa reputar nulo.

A quantidade e a extensão de conhecimentos que convêm adquirir no estudo da física devem ser tais que, dentro do tempo destinado a este estudo, se possa cuidadosamente atender à qualidade desses conhecimentos e, sobretudo, ao modo como devem ser adquiridos;

(...) Não se impõem aos programas uma ordem a seguir na exposição das matérias dentro de cada classe; essa ordem, bem como a escolha e oportuno emprego dos vários processos de ensino, ficam entregues à competência e boa orientação dos professores e dos autores dos livros, a quem muito se recomenda o terem sempre em vista tudo quanto se estabelece

acerca dos objectivos [sic] especiais do ensino e dos fins do ensino em cada classe.”

Note-se que, a partir da III classe do curso geral, havia já uma preocupação clara do legislador em iniciar os alunos no estudo experimental dos fenómenos; este facto é visível no próprio programa da disciplina. Na III classe é referido no programa, por exemplo, o estudo experimental da queda e do equilíbrio dos graves e a aquisição de conhecimentos práticos, por parte do aluno, de alguns instrumentos: níveis, prensa hidráulica, bombas e sifão, entre outros; máquinas de rarefacção e de compressão; barómetros e manómetros. Na IV classe, faz parte do programa oficial o estudo experimental de fenómenos relacionados com os tópicos leccionados: Calor, Óptica e Acústica. E, na V classe, é referido, no tópico denominado “*Electricidade*”, o estudo experimental da electricidade estática: produção, influência e condensação; (...) conhecimento prático de pilhas e acumuladores; (...) estudo experimental dos fenómenos elementares de electromagnetismo, electrodinâmica e de indução; (...) estudo prático dos efeitos e aplicações mais vulgares da electricidade.

É possível questionar o significado do conceito “experimental” neste contexto, mas a seguinte nota, apresentada no mesmo decreto, esclarece:

“Instruções – Os fins do ensino nestas classes são: fornecer ao aluno o conhecimento seguro dos principais fenómenos da física, induzindo da sua observação cuidada e experimentação elementar as leis mais importantes e de mais fácil aquisição e verificando as suas consequências; habituar ao usos dos principais instrumentos de física, de aplicação vulgar; desenvolver a faculdade de observar, experimentar, induzir e deduzir.”

Apesar destas instruções, verifica-se que só no ensino complementar é que é prevista, formalmente, a realização de trabalhos práticos individuais, pelo que não se fará mais referência à importância conferida à parte prática da disciplina nos programas do curso geral.

2.1.3. Reforma de 1929

As reformas de 1919, 1921 e 1926 não trouxeram mudanças aos programas de Física nem à metodologia da sua implementação, expressa no decreto de 28 de Novembro de 1918. A escolha dos trabalhos práticos continuou a ser da responsabilidade do professor.

Em 1927, o ensino liceal voltou a ser dividido em cinco anos mais dois de preparação para o ensino superior (Decreto de 22 de Janeiro de 1927), uma vez que no ano de 1926 houve apenas um ano de preparação para o ensino superior. Foi neste contexto que, **no Decreto-lei de 1929 é publicada, pela primeira vez, uma lista oficial de trabalhos práticos de Física para as classes VI e VII** (Decreto de 14 de Janeiro de 1929). Considera-se, pois, este o ano da institucionalização dos trabalhos práticos como entidades autónomas, o ano do estabelecimento de determinados trabalhos práticos obrigatórios.

A classe VI do curso complementar compreendia vinte e um trabalhos práticos que abrangiam a medição de grandezas físicas (com o nónio, a craveira e o densímetro, por exemplo), a Acústica e a Óptica. Na classe VII, sugeria-se a repetição dos trabalhos mais delicados feitos na classe anterior, assim como os trabalhos relacionados com Electricidade e Magnetismo, que a seguir se transcrevem, por serem objecto de estudo deste trabalho:

- I. Determinação de resistências com a ponte de Wheatstone.*
- II. Determinação com a ponte de fio e cursor.*
- III. Determinação da intensidade de uma corrente com o voltâmetro de sulfato de cobre.*
- IV. Estudo experimental da electrólise.*
- V. Efeitos térmicos das correntes eléctricas. Determinação do equivalente mecânico da calor.*
- VI. Determinação da componente horizontal do campo magnético terrestre com a bússola das tangentes.*

Este mesmo decreto de 1929 apresenta orientações minuciosas acerca da forma como os trabalhos deviam ser implementados:

“ Observações:

A lista dos trabalhos indicados corresponde, nas suas linhas gerais, ao curso teórico, de forma que os alunos possam executar o trabalho prático em correlação com as matérias que constituem as lições do mestre.”

Tinha indicações acerca do papel a desempenhar pelo professor na execução dos trabalhos e na escolha/gestão dos mesmos:

“ Com a lista que se apresenta não se quer[e] [sic] significar que todas as manipulações tenham de ser executadas por todos os alunos, nem que algumas não possam, com vantagem, ser substituídas por outras que o critério do professor julgar mais convenientes. Nem, por outro lado, significa que o trabalho prático se deva reduzir às experiências citadas. A importância cada vez maior que por justas razões se está ligando ao trabalho de laboratório justifica todo o desenvolvimento que a actividade do professor, os recursos da escola e a capacidade dos alunos lhe permitam dar.”

O legislador defendia o método indutivo:

“ A física como ciência [sic] experimental tem, sob o ponto de vista do emprego dos chamados métodos eurísticos [sic], uma importância especial pela facilidade com que se podem efectuar experiências de carácter quantitativo e conduzir os alunos pelo método indutivo à interpretação científica dos fenómenos.”

E alertava para o seu uso contextualizado e moderado:

“As leis ou relações mais gerais da física são difíceis demais para serem estabelecidas pelos alunos. Ainda mesmo que estejam na posse de todos os dados necessários, o reconhecimento, a descoberta da lei resultante ou é um acidente ou uma inspiração parecida com um acidente. A arte de fazer semelhantes descobertas não se pode ensinar”.

É defendido o método de verificação experimental, com as devidas ressalvas:

“Não é possível conceber uma atitude de espírito menos científica [sic] que a de uma pessoa que se dispõe a efectuar uma experiência cujos resultados conhece de antemão e que está disposta a ir apenas até onde for necessário para os atingir”.

(...)

O espírito do aluno é assim evidentemente prejudicado pela sugestão que o conhecimento dos resultados naturalmente produz, e em muitos casos tal prejuízo pode ir até à perversão, consciente ou inconsciente, das próprias impressões sensoriais.

(...)

Por outro lado, a convicção, por parte do aluno, da verdade científica [sic] das leis e princípios que lhe são dados para verificar,

conjugada com a consciência plena da sua insuficiência técnica como experimentador, dando-lhe a ideia clara da inutilidade prática de semelhantes exercícios, promove a sua desmoralização.

É indispensável, por tudo quanto se disse, modificar convenientemente os processos a adoptar nos laboratórios, mantendo os alunos, quanto for bastante, no desconhecimento dos resultados das experiências a realizar, para que as observações não possam ser prejudicadas, e exigindo que as suas ilações concordem com os registos previamente elaborados das observações.”

Sintetiza da seguinte forma as suas orientações:

“ (...) Tudo depende do espírito do ensino. Se se trata de leis traduzíveis por expressões numéricas simples, fáceis de interpretar mentalmente, então é um erro [sic] pedagógico propor a sua verificação. Nestes casos o professor deve seguir um caminho indirecto, propondo a resolução experimental de problemas ou questões que estejam incluídos no âmbito da lei. No caso de leis complicadas e difíceis de verificar experimentalmente, o conhecimento prévio dos resultados não oferece inconveniente de maior se houver maneira de dirigir e fiscalizar as observações efectuadas.”

2.1.4. Reforma de 1930

De acordo com o decreto de 26 de Agosto de 1930, o curso dos liceus manteve a sua estrutura, compreendendo sete anos: curso geral de cinco anos e curso complementar de dois anos (Decreto de 26 de Agosto de 1930).

Os programas são publicados a 27 de Setembro desse mesmo ano e a lista de trabalhos práticos de Física é ligeiramente alterada. A lista de trabalhos da VI classe do curso complementar mantém-se muito semelhante, mas a da VII classe, respeitante à Electricidade e Magnetismo, sofre algumas alterações dignas de registo. A lista publicada para a VII classe, incluía, então, os seguintes trabalhos práticos:

- 1. Repetição de alguns trabalhos efectuados na 6ª classe.*
- 2. Determinar a inclinação magnética terrestre e a componente horizontal do campo magnético terrestre.*

-
3. *Determinar a resistência de um condutor pelo método da substituição.*
 4. *Determinar a resistência de um condutor pelo método da ponte de Wheatstone.*
 5. *Determinar a resistência interna de uma pilha pelo método de Mance.*
 6. *Comparação de forças electro-electromotrizes pelo processo de Lacoine.*
 7. *Medição de intensidades de correntes com o voltâmetro de sulfato de cobre.*
 8. *Determinar a força de um íman ou de um electro-íman pelo processo do arrancamento.*
 9. *Achar o equivalente mecânico de caloria aplicando a lei de Joule.*

Note-se que desapareceu o único trabalho prático de magnetismo existente no programa da reforma que vigorava até então.

As observações anexas a esta lista acrescentam alguma informação ao referido no decreto de 1929:

- I. *O professor não tratará com maior desenvolvimento umas partes do programa com prejuízo das outras: todas constituem um conjunto, a versar harmonicamente [sic]. É formalmente interdito sobrecarregar a memória dos alunos com desvios e extensões do curso, que este [sic] programa não comporta (Teoria de Gauss e questões da mesma índole).*
- II. *Reduza-se a um mínimo o número das definições e das leis a conhecer de cor. Pelo contrário, proponham-se numerosíssimos problemas, que os alunos deverão resolver por vários métodos e discutir.*
- III. *Limitem-se muito as referências a experiências físicas pelos outros, e na descrição de aparelhos empreguem-se sobretudo esquemas que permitam aos alunos dominar o princípio da sua construção.*
- IV. *Na consecução dos trabalhos práticos individuais, tomando como base as manipulações apontadas no respectivo programa, a actividade do professor manifestar-se há [sic] livremente, conforme os recursos de que disponha.*

V. O registo dos trabalhos laboratoriais será objecto de um particular cuidado. Considera-se vantajosa a distribuição de fôlhas [sic] impressas com a disposição do registo já feita e em que o aluno apenas insere os resultados obtidos.

Façam-se incidir problemas experimentais individuais e chame-se a atenção do curso para os seguintes pontos, em especial:

- a) Leituras por estimativa;*
- b) Reprodução gráfica de uma série de medidas;*
- c) Cálculo aproximado;*
- d) Métodos de desvio e de zero;*
- e) Grau de precisão de uma medida; erro;*
- f) Apresentação dos resultados; unidades; significação de um zero à direita de uma vírgula, etc.*

VI. Cultive o professor atentamente a iniciativa individual. Para tanto, entre outros meios, socorra-se:

- a) Das conferências feitas pelos alunos;*
- b) Dos interrogatórios recíprocos dos alunos entre si;*
- c) Da construção de aparelhos para laboratório, etc.*

Relativamente aos manuais adoptados, nada é referido sobre manuais de trabalhos práticos.

2.1.5. Reforma de 1931

Em 1931, o decreto de 8 de Outubro (Decreto de 08 de Outubro de 1931) altera ligeiramente os programas, e os trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo, apesar de continuarem a ser realizados na VII classe sofreram ligeiras mudanças, sendo de novo incluído o trabalho de Magnetismo da reforma de 1929:

- 1. Determinar a resistência de um condutor pelo método da substituição.*
- 2. Determinar a resistência de um condutor pelo método da ponte de Wheatstone.*
- 3. Determinar a resistência interna de uma pilha pelo método de Mance.*
- 4. Comparação de forças electro-electromotrizes pelo processo de Bois-Reymond.*

-
5. *Medição de intensidades de correntes com o voltâmetro de sulfato de cobre ou de hidrogénio.*
 6. *Estudo de lâmpadas de incandescência (avaliação do seu consumo).*
 7. *Determinação da inclinação magnética terrestre.*

As indicações metodológicas são as mesmas do decreto referente à reforma anterior.

2.1.6. Reforma de 1936

A reforma de 1936 (Decreto de 14 de Outubro de 1936) exerceu uma grande influência no ensino experimental da Física, na medida em que teve um período de vigência mais longo que o usual: vigorou mais de dez anos, de 1936 até 1947.

O curso liceal continuou a ser de sete anos, mas agora divididos em 1º e 2º ciclos, de três anos cada, e 3º ciclo, de apenas um ano. Ou seja, o 2º ciclo compreendia os 4º, 5º e 6º anos e o 3º ciclo correspondia ao 7º ano.

Quanto aos trabalhos práticos, os do 4º ano diziam respeito a generalidades sobre medições e Óptica; o 5º ano incluía trabalhos de Mecânica e Calor; e o 6º ano compreendia os trabalhos de Electricidade e Magnetismo, que eram os seguintes:

1. *Medição da resistência de um condutor: método de substituição.*
2. *Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior.*
3. *Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio;*
4. *Determinação da declinação e da inclinação terrestre.*

Relativamente ao 7º ano, pretendia-se “*fazer uma síntese dos conhecimentos adquiridos no 2º ciclo, dando-lhes unidade e coerência*”, o que explica a não existência de uma lista de trabalhos práticos para este ano.

Quanto às observações são em tudo semelhantes às dos decretos de 1930 e 1931, mas pode ainda ler-se, em relação ao 2º ciclo, que “*o ensino deve ser essencialmente experimental e tanto quanto possível indutivo, visto que o seu fim principal é iniciar os alunos no método experimental próprio desta disciplina*”.

Note-se, ainda, que esta reforma ocorreu após a publicação, pela Comissão Electrotécnica Portuguesa, de legislação referente aos sinais gráficos a empregar nos esquemas de instalações eléctricas (Decreto de 2 de Abril de 1932). O emprego desta notação passou a ser de carácter obrigatório, o que incluiu a sua utilização nos manuais escolares.

2.1.7. Reforma de 1947

Em 1947, ocorreu uma nova reforma que voltou a modificar a divisão do ensino liceal, que englobava ainda três ciclos, mas agora com alterações na sua duração: o primeiro de dois anos, o segundo de três anos e o terceiro de dois anos (Decreto de 17 de Setembro de 1947). Os dois primeiros ciclos constituíam o curso geral (primeiro ciclo: 1º e 2º anos; segundo ciclo: 3º, 4º e 5º anos) e eram comuns a todos os alunos. O terceiro ciclo, ou curso complementar, incluía os 6º e 7º anos e destinava-se a quem pretendesse ingressar no ensino superior.

O mesmo decreto refere que *“só podem ser adoptados no ensino, tanto oficial como particular, os livros aprovados pelo Ministro da Educação Nacional”* e que *“para o ensino de cada disciplina nos diferentes anos de um ciclo será adoptado em todos os liceus o mesmo livro, que poderá ser dividido em tomos, um por cada ano”*. Os livros eram aprovados por cinco anos, mediante concurso público. Não se faz, de novo, qualquer menção, à existência de guias de trabalhos práticos adoptados.

Quanto aos trabalhos práticos propriamente ditos, deixaram de se fazer trabalhos práticos de Magnetismo. No 7º ano, previa-se a realização de cinco trabalhos práticos, todos de Electricidade, como sendo:

- 1. Medições eléctricas e aparelhos de medida.*
- 2. Determinação da intensidade de uma corrente (voltâmetro de cobre).*
- 3. Resistência de um condutor – método de substituição.*
- 4. Resistência de um condutor – Ponte de Wheatstone.*
- 5. Resistência de um condutor – Ponte de fio e cursor.*

2.1.8. Reforma de 1948

O aspecto inovador da reforma de 1948 (Decreto de 22 de Outubro de 1948) foi a publicação de uma nova lista de trabalhos práticos. Continua a não existir qualquer

trabalho prático de Magnetismo e os trabalhos práticos de Electricidade só aparecem no 7º ano, juntamente com mais oito trabalhos práticos (sete referentes à Óptica e um ao Calor).

A parte da lista referente à Electricidade compreendia os seguintes trabalhos práticos:

- 1. Medição da resistência eléctrica de um condutor – ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor.*
- 2. Comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro.*
- 3. Determinação da potência consumida por uma lâmpada de incandescência.*

2.1.9. Reforma de 1954

A reforma de 1954 não trouxe novidades de relevo ao ensino da Física, relativamente aos programas da parte teórica de 1948. Continua a fazer-se referência, unicamente, aos compêndios utilizados para leccionar as aulas teóricas e não se faz referência a um eventual guia de trabalhos práticos (Decreto de 07 de Setembro de 1954).

Só há trabalhos práticos obrigatórios no 6º e 7º anos. Os trabalhos práticos de Electricidade continuam a aparecer no 7º ano e são os seguintes:

- 1. Determinação da intensidade de uma corrente (voltâmetros de cobre ou de hidrogénio).*
- 2. Resistência de um condutor: método de substituição.*
- 3. Resistência de um condutor: ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor.*
- 4. Determinação da potência consumida por lâmpadas de incandescência.*

Note-se que continua a não existir qualquer trabalho prático de Magnetismo, reaparece o método de substituição na determinação da resistência de um condutor, assim como o trabalho de determinação da intensidade de uma corrente eléctrica com o voltâmetro e desaparece o trabalho de comparação das forças electromotrizes de geradores.

O legislador inclui um conjunto de observações a respeito do ensino da Física no 3º ciclo:

“ A necessidade de simplificar o ensino no 2º ciclo obrigou a aumentar um pouco a densidade do programa do 3º ciclo.

(...)

Sendo dominante a ideia de actualizar tanto quanto possível os conhecimentos a ministrar, recomenda-se, quando tal venha a propósito e caiba no âmbito do programa, a citação de novas descobertas, sempre motivo de interesse para os alunos.

(...) não esquecer que só os assuntos de interesse prático devem fornecer matéria para aplicações numéricas.

O professor deve procurar, já pelo uso da linguagem mais elevada, já pelo cuidado de analisar elementarmente os conceitos fundamentais da Física, orientar criteriosamente para a experimentação e manter os alunos em contacto com as realidades práticas, contribuir para lhes dar o mínimo de cultura indispensável para a sua formação e aquela precisão mental que lhes facilitará o primeiro contacto com o ensino superior.”

Esta reforma vigorou até 1973, data de publicação da Lei nº5/73 de 25 de Julho, da autoria de Veiga Simão. Os novos programas foram publicados no ano seguinte.

Note-se que, ao longo do período de tempo estudado, nunca foi indicado, formalmente, qualquer manual ou guia de trabalhos práticos para adopção pelos alunos.

2.2. Análise da evolução da metodologia de implementação dos trabalhos práticos de Física na legislação

Depois de estudar quais as características mais particulares das reformas mais relevantes para o ensino da componente prática da Física em Portugal, pretende-se, agora, evidenciar quais os aspectos mais valorizados por cada reforma e quais as principais diferenças ou semelhanças entre as mesmas.

Para tal, elaborou-se uma tabela que sintetiza os pontos principais de continuidade ou de ruptura de cada um dos decretos mais relevantes neste âmbito.

Reforma promulgada pelo...	Aspectos valorizados na legislação referente à implementação dos trabalhos práticos individuais de Física, sob a forma de “Instruções” ou “Observações” :
<p align="center">Decreto 1918 (14 de Julho)</p>	<p>Com base no Art.142º:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Autonomia do aluno na realização dos trabalhos práticos (os professores devem ser companheiros de trabalho); b) Elaboração de um plano de trabalho e escolha do material necessário para a sua execução; c) Habilidade manual (em particular, nos trabalhos de medição); d) Faculdade de observação cuidada própria de um espírito científico; e) Capacidade de relatar experiências e interpretar resultados; f) Enunciação de conclusões. <p>As “Instruções” no final do programa ainda referem a importância do:</p> <ul style="list-style-type: none"> g) Início da prática de operações elementares de laboratório, principalmente medições, elevando a pouco e pouco o seu rigor e dificuldade.
<p align="center">Decreto 1929 (14 de Janeiro)</p>	<p>Diferenças relativamente à reforma anterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) A autonomia do aluno é mais restringida como consequência de um papel mais relevante do professor; esta preponderância é evidenciada quer na escolha dos trabalhos práticos (o professor pode flexibilizá-la), quer na sua execução (o legislador refere que o professor pode achar vantagem em ser ele próprio a executar alguns trabalhos); <p>Não é apontado um único processo de abordagem dos trabalhos experimentais (este deve ser escolhido pelo professor); no entanto é mais evidente a defesa do método indutivo e a desvalorização da verificação experimental de leis, excepto no caso do professor considerar que estas são demasiado complexas para os alunos (segundo o legislador, <i>em muitos casos, o prejuízo do conhecimento dos resultados pode ir até à perversão, das próprias impressões sensoriais</i>).</p>

Tabela 2. Reformas educativas referentes à implementação dos trabalhos práticos de Física nos liceus portugueses.

Reforma promulgada pelo...	Aspectos valorizados na legislação referente à implementação dos trabalhos práticos individuais de Física, sob a forma de “Instruções” ou “Observações” :
<p style="text-align: center;">Decreto 1930 (26 de Agosto)</p>	<p>As observações constantes no final do programa clarificam e acrescentam informação relevante ao referido no decreto de 1929:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>a) valorização uniforme de todos os conteúdos do programa;</i> <i>b) interdição formal em “sobrecarregar a memória dos alunos com desvios e extensões do curso”;</i> <i>c) redução a um mínimo o número das definições e das leis a conhecer de cor;</i> <i>d) domínio da construção dos aparelhos utilizados nos trabalhos práticos;</i> <i>e) actuação livre do professor na consecução dos trabalhos práticos individuais, tomando como base as manipulações apontadas no respectivo programa e conforme os recursos de que disponha (já defendido na anterior reforma);</i> <i>f) valorização explícita do registo nos trabalhos laboratoriais:</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>a) Leituras por estimativa;</i> <i>b) Reprodução gráfica de uma série de medidas;</i> <i>c) Cálculo aproximado;</i> <i>d) Métodos de desvio e de zero;</i> <i>e) Grau de precisão de uma medida; erro;</i> <i>f) Apresentação dos resultados; unidades; significação de um zero à direita de uma vírgula, etc.;</i> <i>g) valorização da iniciativa individual nas conferências feitas pelos alunos; nos interrogatórios recíprocos dos alunos entre si; na construção de aparelhos para laboratório, etc.</i>

Tabela 3. Reformas educativas referentes à implementação dos trabalhos práticos de Física nos liceus portugueses (cont. I).

Reforma promulgada pelo...	Aspectos valorizados na legislação referente à implementação dos trabalhos práticos individuais de Física, sob a forma de “Instruções” ou “Observações” :
Decreto 1931 (08 de Outubro)	Existe uma continuidade legislativa: as indicações metodológicas são as mesmas dos decretos de 1929 e 1930.
Decreto 1936 (14 de Outubro)	Existe uma continuidade legislativa: as indicações metodológicas são as mesmas dos decretos de 1929, 1930 e 1931.
Decreto 1947 (17 de Setembro)	Existe uma continuidade legislativa: as indicações metodológicas são as mesmas dos decretos de 1929, 1930, 1931 e 1936.
Decreto 1948 (22 de Outubro)	Existe uma continuidade legislativa: as indicações metodológicas são as mesmas dos decretos de 1929, 1930, 1931, 1936 e 1947.
Decreto 1954 (07 de Setembro) que vigorou até 1974 (data de publicação do programa da após reforma de 1973)	<p>As únicas inovações em termos metodológicos prendem-se com:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) preocupação explícita em citar novas descobertas quando tal venha a propósito e caiba no âmbito do programa; b) recusa na utilização de “aplicações numéricas”, a não ser que sejam necessárias em assuntos de interesse prático. <p>O professor deve procurar, já pelo uso da linguagem mais elevada, já pelo cuidado de analisar elementarmente os conceitos fundamentais da Física, orientar criteriosamente para a experimentação e manter os alunos em contacto com as realidades práticas.</p>

Tabela 4. Reformas educativas referentes à implementação dos trabalhos práticos de Física nos liceus portugueses (cont. II).

A análise dos quadros anteriores evidencia o carácter marcadamente cumulativo da legislação no que diz respeito à metodologia de implementação dos trabalhos práticos de Física. Os aspectos inovadores são, sucessivamente, “acrescentados” às reformas precedentes.

Uma das mudanças mais significativas prende-se com o papel do professor que se vai tornando mais relevante (principalmente na transição da reforma de 1929 para a reforma de 1930). Este aumento de influência poderá ter restringido mais o desempenho do aluno a nível da execução do próprio trabalho prático:

“ (...) O director de trabalhos práticos individuais (professor) e os seus auxiliares devem comportar-se como companheiros de trabalho. “

(Decreto de 28 de Novembro 1918)

“ Com a lista que se apresenta não se quiere [sic] significar que todas as manipulações tenham de ser executadas por todos os alunos, nem que algumas não possam, com vantagem, ser substituídas por outras que o critério do professor julgar mais convenientes.” (Decreto de 14 de Janeiro de 1929)

“ Na consecução dos trabalhos práticos individuais, tomando como base as manipulações apontadas no respectivo programa, a actividade do professor manifestar-se há [sic] livremente, conforme os recursos de que disponha.”

(Decreto de 26 de Agosto de 1930)

“ O professor deve procurar, já pelo uso da linguagem mais elevada, já pelo cuidado de analisar elementarmente os conceitos fundamentais da Física, orientar criteriosamente para a experimentação”.

(Decreto de 7 de Setembro de 1954)

Estas alterações no papel desempenhado pelo professor poderão ter sido fruto de um aumento do número de alunos nos liceus portugueses (embora com algumas oscilações) que se fez sentir desde 1918 (cerca de 11.000) até 1973 (cerca de 99.500) e consequentes adaptações de espaço e de pessoal docente disponível (Nóvoa & Santa-Clara, 2003).

Em termos metodológicos, as inovações legislativas são mais evidentes na reforma de 1954 e prendem-se com a preocupação explícita em citar novas descobertas quando tal venha a propósito e caiba no âmbito do programa e em recusar a utilização de “aplicações numéricas”, a não ser que sejam necessárias em assuntos de interesse prático.

2.3. Análise da evolução da escolha dos trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo propostos na legislação

Reveste-se de particular importância, neste capítulo, fazer um ponto de situação relativamente à escolha de trabalhos práticos que foi sendo efectuada ao longo das várias reformas. Com este intuito, tomou-se como amostra os trabalhos práticos das áreas seleccionadas na introdução deste trabalho, mais concretamente, a electricidade e o magnetismo. Pretende-se evidenciar quais os trabalhos que foram surgindo de forma pontual e que apenas “sobreviveram” a uma ou duas reformas; e identificar quais os que permaneceram ao longo de todo o período em estudo, procurando articular este facto com as indicações metodológicas preconizadas pelos legisladores.

As tabelas seguintes enquadram de forma sintética os trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo de acordo com a reforma em que foram implementados.

Reforma promulgada pelo...	Trabalhos práticos individuais de Electricidade e Magnetismo
Decreto 1918 (14 de Julho)	<i>Art. 137º) (...)Os respectivos programas serão apresentados pelos directores de trabalhos práticos num das primeiras reuniões do Conselho Escolar, em Outubro, aprovados pelo mesmo Conselho e publicados no anuário.</i>
Decreto 1929 (14 de Janeiro)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinação de resistências com a ponte de Wheatstone. 2. Determinação de resistências com a ponte de fio e cursor. 3. Determinação da intensidade de uma corrente com o voltâmetro de sulfato de cobre. 4. Estudo experimental da electrólise. 5. (trabalho prático referente a outra área da Física). 6. Determinação da componente horizontal do campo magnético terrestre com a bússola das tangentes.
Decreto 1930 (26 de Agosto)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Repetição de alguns trabalhos efectuados na 6ª classe. 2. Determinar a inclinação magnética terrestre e a componente horizontal do campo magnético terrestre. 3. Determinar a resistência de um condutor pelo método da substituição. 4. Determinar a resistência de um condutor pelo método da ponte de Wheatstone. 5. Determinar a resistência interna de uma pilha pelo método de Mance. 6. Comparação de forças electro-electromotrizes pelo processo de Lacoine. 7. Medição de intensidades de correntes com o voltâmetro de sulfato de cobre. 8. Determinar a força de um íman ou de um electro-íman pelo processo do arrancamento; 9. Achar o equivalente mecânico de caloria aplicando a lei de Joule.

Tabela 5. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo promulgados por reformas educativas.

Reforma promulgada pelo...	Trabalhos práticos individuais de Electricidade e Magnetismo
<p style="text-align: center;">Decreto 1931 (08 de Outubro)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar a resistência de um condutor pelo método da substituição. 2. Determinar a resistência de um condutor pelo método da ponte de Wheatstone. 3. Determinar a resistência interna de uma pilha pelo método de Mance. 4. Comparação de forças electro-electromotrizes pelo processo de Bois-Reymond. 5. Medição de intensidades de correntes com o voltâmetro de sulfato de cobre ou de hidrogénio. 6. Estudo de lâmpadas de incandescência (avaliação do seu consumo). 7. Determinação da inclinação magnética terrestre.
<p style="text-align: center;">Decreto 1936 (14 de Outubro)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medição da resistência de um condutor: método de substituição. 2. Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade coma resistência exterior. 3. Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio; 4. Determinação da declinação e da inclinação terrestre.
<p style="text-align: center;">Decreto 1947 (17 de Setembro)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medições eléctricas e aparelhos de medida. 2. Determinação da intensidade de uma corrente (voltâmetro de cobre). 3. Resistência de um condutor – método de substituição. 4. Resistência de um condutor – Ponte de Wheatstone. 5. Resistência de um condutor – Ponte de fio e cursor.

Tabela 6. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo promulgados por reformas educativas (cont. I)

Reforma	Trabalhos práticos individuais de Electricidade e Magnetismo
Decreto 1948 (22 de Outubro)	1. Medição da resistência eléctrica de um condutor – ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor. 2. Comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro. 3. Determinação da potência consumida por uma lâmpada de incandescência.
Decreto 1954 (07 de Setembro) que vigorou até 1974 (data de publicação do programa após a reforma de 1973)	1. Determinação da intensidade de uma corrente (voltâmetros de cobre ou de hidrogénio). 2. Resistência de um condutor: método de substituição. 3. Resistência de um condutor: ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor. 4. Determinação da potência consumida por lâmpadas de incandescência.

Tabela 7. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo promulgados por reformas educativas (cont. II)

Verifica-se que nas reformas de 1929, o primeiro ano em que houve uma lista oficial de trabalhos práticos, a lista de trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo era composta por cinco trabalhos de carácter laboratorial, sendo-lhe acrescentado mais um referente à área de Calor.

Em 1930, existe um número de trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo relativamente grande, comparando com o programa anterior: nove, não contando com a repetição de alguns trabalhos do ano anterior que o documento legal previa. Deve-se ter considerado um número excessivo, pois, logo no ano seguinte, em 1931, deixou de se prever a repetição de trabalhos e se reduziu o número de “novos” trabalhos para sete.

No entanto, esta lista de trabalhos práticos não “sobreviveu” à reforma de 1936 que foi acompanhada por um corte drástico, ficando aquela reduzida a quatro trabalhos práticos. Não é feita, no documento legal, qualquer referência a esta redução.

Em 1947, o número aumentou para cinco e, entre 1954 e 1973, a lista passou a indicar a realização de apenas quatro trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo.

Em 1948, no 7º ano, ao qual pertenciam os trabalhos de Electricidade (não havia de Magnetismo), a lista contava com onze trabalhos práticos, no total, sendo que sete eram trabalhos de Óptica e um de Calor, reduzindo-se a três os trabalhos de Electricidade.

Um facto a registar é o aparecimento intermitente de um único trabalho prático de magnetismo que estava relacionado com a medição da declinação e/ou inclinação do campo magnético terrestre:

1929 a 1930 – *Determinação da componente horizontal do campo magnético terrestre com a bússola de tangentes.*

1930 a 1931 – *Determinar a inclinação magnética terrestre e a componente horizontal do campo magnético terrestre.*

1931 a 1936 – *Determinação da inclinação magnética terrestre.*

1936 a 1947 – *Determinação da declinação e da inclinação terrestre.*

1947 a 1954 – *Não existe qualquer trabalho prático de magnetismo.*

1954 a 1973 - *Não existe qualquer trabalho prático de magnetismo.*

Não existem evidências nas indicações metodológicas da legislação para esta intermitência, mas esta revela algum menosprezo por esta área da Física, uma vez que existe um único trabalho que vai sofrendo alterações e acaba mesmo por desaparecer.

“(…) O professor não tratará com maior desenvolvimento umas partes do programa com prejuízo das outras (…)”

(Decreto de 26 de Agosto de 1930)

É digno salientar também que, apesar do número de trabalhos práticos ir variando ao longo do tempo e se verificar que alguns destes iam aparecendo e desaparecendo dos programas, houve dois trabalhos práticos que, apesar de sofrerem ligeiras alterações da respectiva designação no período em estudo, se mantiveram muito presentes nas listas oficiais e que faziam parte da área da Electricidade. Um dos trabalhos foi a medição da resistência de um condutor. Os métodos sugeridos para esta medição é que foram sofrendo oscilações:

- primeiro pelo método da ponte de Wheatstone (desde 1929 até 1930);
- pelo método da ponte de Wheatstone e pelo método da substituição (desde 1930 até 1936);
- pelo método de substituição (desde 1936 até 1947);
- pelo método da substituição, pelo método da ponte de Wheatstone e pelo método da ponte de fio e cursor (desde 1947 até 1948);
- pelo método da ponte de Wheatstone e pelo método da ponte de fio e cursor (desde 1948 até 1954);
- pelo método da substituição; e, reunidos num único trabalho, o método da ponte de Wheatstone e da ponte de fio e cursor (desde 1954 até 1973);

O outro trabalho de presença constante ao longo das várias reformas foi a medição da intensidade de corrente eléctrica com um voltâmetro; ora com o voltâmetro de cobre (1929 a 1931; 1947 a 1954); ora com o voltâmetro de cobre e com o voltâmetro de hidrogénio (1931 a 1947; 1954 a 1973).

A constatação anterior vai de encontro ao preconizado, frequentemente, na legislação:

Art. 142º(…) 6ª) Principalmente nos trabalhos de física e química, deve dar-se maior importância aos trabalhos de medição (…)

(Decreto de 14 de Julho de 1918)

O registo dos trabalhos laboratoriais será objecto de um particular cuidado. (...) Façam-se incidir problemas experimentais individuais e chame-se a atenção do curso para os seguintes pontos, em especial:

- a) Leituras por estimativa;*
- b) Reprodução gráfica de uma série de medidas;*
- c) Cálculo aproximado;*
- d) Métodos de desvio e de zero;*
- e) Grau de precisão de uma medida; erro;*
- f) Apresentação dos resultados; unidades; significação de um zero à direita de uma vírgula, etc.*

(Decreto de 26 de Agosto de 1930)

Note-se que existe sempre a apresentação de dois métodos de realização de, pelo menos, um dos trabalhos práticos constantes da lista promulgada.

Independentemente das várias flutuações nos métodos utilizados, de facto, é clara a preocupação em atribuir um papel de relevo à medição de grandezas físicas fundamentais, no caso da Electricidade, à resistência e à intensidade de corrente eléctrica.

Capítulo 3 – Selecção de manuais de trabalhos práticos e respectivos critérios de análise

3.1. Selecção da amostra de manuais de trabalhos práticos

O aparecimento de manuais ou guias de trabalhos práticos de Física, apesar destes nunca serem apresentados como oficialmente adoptados na legislação, é um facto que se reveste de uma crucial importância. O início da comercialização destes manuais sugere um acesso mais sistematizado a fontes bibliográficas por parte de alunos e professores acerca dos trabalhos constantes nos programas. A sua existência deverá ter influenciado as práticas experimentais da respectiva disciplina e, simultaneamente, a sua publicação terá sido influenciado por elas.

Por esta razão, procedeu-se à pesquisa de manuais ou guias de trabalhos práticos com o objectivo de comparar a descrição dos trabalhos práticos por parte de diferentes autores dos manuais a que se conseguiu ter acesso e confrontar essas mesmas semelhanças e/ou diferenças com as indicações metodológicas descritas nos programas.

Nesta comparação pretende-se analisar os aspectos valorizados na parte prática da disciplina de Física. Os manuais de trabalhos práticos poderão, em princípio, desvendar pistas sobre os processos de transferência e aquisição de determinados conceitos físicos, embora não elucidem, necessariamente, sobre o modo como os professores desenvolveram as suas práticas.

A pesquisa bibliográfica de manuais de trabalhos práticos de Física foi efectuada recorrendo, numa primeira fase, à PORBASE, Base Nacional de Dados Bibliográficos, coordenada pela Biblioteca Nacional de Portugal.

Através da consulta prévia desta base de dados, pretendeu-se reunir um conjunto significativo de títulos de possíveis manuais de trabalhos práticos de Física utilizados entre os 4º e 7º anos do liceu em Portugal, no período temporal em estudo.

Procedeu-se, em seguida, à pesquisa e análise dos manuais anteriormente mencionados, reunindo-se cerca de treze manuais. Constatou-se que alguns dos manuais não eram manuais de trabalhos práticos; eram sim, manuais das aulas teóricas da disciplina de Física e que não possuíam, sequer, referência aos trabalhos práticos a realizar na parte prática da disciplina. Incluem-se neste último conjunto as seguintes

obras referenciadas na Tabela 1 e que foram excluídas do processo de análise de entre a amostra de manuais pesquisados.

Note-se que não é feita qualquer menção ao número da edição das obras seleccionadas, uma vez que não existe qualquer registo sobre tal facto nas mesmas.

Manual	Título do manual	Autor(es)	Ano de edição
a)	<i>Lições práticas de física em harmonia com o programa da I, II classe dos liceus.</i>	Vasconcelos, A.	1919
b)	<i>Lições elementares de física experimental para o curso geral dos liceus: 3ª classe.</i>	Machado, R.	1920
c)	<i>Lições de física experimental: para o 2º ciclo do ensino liceal.</i>	Brito, J. X.	1950
d)	<i>Lições de física experimental: em harmonia com o programa do 7º ano dos liceus.</i>	Gomes, A.	1949
e)	<i>Lições de física experimental: 2º ciclo dos liceus.</i>	Seixas, R., Soeiro, A.	1962

Tabela 8. Manuais excluídos do processo de análise de entre a amostra de manuais pesquisados.

Concluiu-se, pois, que expressões como “*lições de física experimental*” ou “*lições práticas de física*”, utilizadas num período entre 1919 e 1962 não implicavam, por si só, a proposta de realização de trabalhos práticos.

Os oito manuais seleccionados para análise pormenorizada, de entre o conjunto inicialmente referenciado, foram aqueles que tinham explicitamente indicado no título uma referência a “*trabalhos práticos*”. Houve a necessidade de reunir os referidos manuais em dois conjuntos distintos, uma vez que se verificou que pertenciam a duas reformas educativas diferentes: amostra A (Tabela 9) e amostra B (Tabela 10). A amostra A abrange o período da reforma desde 1936 até 1947, em que o segundo ciclo compreendia os 4º, 5º e 6º anos do curso geral e o terceiro ciclo correspondia ao 7º ano. A amostra B abrange o período da reforma desde 1947 até 1954, que adoptou a divisão do ensino liceal da reforma de 1947: o segundo ciclo correspondia aos 3º, 4º e 5º anos do curso geral e o terceiro ciclo abrangia os 6º e 7º anos.

Manual	Título do manual	Autor(es)	Edição	Ano de edição	Editora
M1	<i>Trabalhos Práticos de Física</i>	Ferreira, H. A.	Sem referência	1936	Livraria Sá da Costa
M2	<i>Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu</i>	Prudente, N.	Sem referência	1937	Livraria Simões Lopes
M3	<i>Trabalhos Práticos de Física e Química 2º Ciclo: 1 Parte - Física</i>	Romariz, A. & Romariz, A.	Sem referência	1941	Editora Educação Nacional, Lda.
M4	<i>Novo Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu</i>	Areal, A.	Sem referência	1943	Editora Educação Nacional, Lda.
M5	<i>Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu</i>	Prudente, N.	6ª edição	1946	Livraria Figueirinhas

Tabela 9. Amostra A: manuais de trabalhos práticos seleccionados que abrangem o período da reforma desde 1936 até 1947

Manual	Título do manual	Autor(es)	Edição	Ano de edição	Editora
M6	<i>Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu</i>	Guerreiro, A. & Seixas, R.	Sem referência	Entrada na Biblioteca do Porto: 1950	Livraria Simões Lopes
M7	<i>Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 3º ciclo dos Liceus</i>	Silva, L. & Peixoto, I.	Sem referência	Entrada na Biblioteca do Porto: 1950	Porto Editora
M8	<i>Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu</i>	Guerreiro, A. & Seixas, R.	Sem referência	1952	Porto Editora

Tabela 10. Amostra B: manuais de trabalhos práticos seleccionados que abrangem o período da reforma desde 1947 até 1954

O seguinte diagrama representa, de forma esquemática, a articulação entre as reformas educativas mais importantes no que diz respeito à implementação dos trabalhos práticos de Física e as duas amostras de manuais seleccionados.

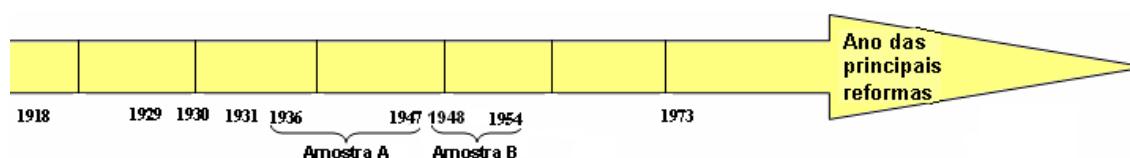


Diagrama 1. Localização temporal das amostras A e B no contexto das principais reformas legislativas referidas.

Como já se referiu anteriormente, as amostras de manuais reportam-se apenas ao período de duas reformas. Contudo, note-se que, uma vez que se constatou no capítulo anterior que as várias reformas tinham um carácter predominantemente cumulativo, prevê-se que a sua análise permita concluir acerca dos aspectos predominantemente valorizados na implementação dos trabalhos práticos de Física entre 1918 e 1973.

Os trabalhos de Electricidade e Magnetismo apareceram, sempre, no último ano dos ciclos: na amostra A, no final do segundo ciclo, ou seja, no 6º ano (no terceiro não havia lista de trabalhos práticos); na amostra B, no final do terceiro ciclo, ou seja, no 7º ano.

Relativamente aos manuais propriamente ditos, note-se o facto do manual M5 ser uma edição mais recente de M2, assim como o manual M8 também o é relativamente ao manual M6 (ver Tabelas 9 e 10 na página anterior), embora não esteja explicitado que sejam edições diferentes.

3.2. Escolha dos critérios de análise dos manuais seleccionados

Considerou-se que a melhor forma de analisar os trabalhos práticos em questão, por forma a que estes pudessem fornecer pistas acerca do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos relacionados com a Electricidade e Magnetismo, no período considerado, seria estabelecer critérios de análise articulados com o estipulado na legislação referente ao intervalo de tempo em estudo (cf. Tabelas 2, 3 e 4 no capítulo 2). Deste modo, a operacionalização de cada critério poderá prestar um auxílio precioso na identificação e/ou confirmação de pressupostos educativos subjacentes ao ensino experimental da Física e explicitados pelo legislador em documentos oficiais.

A ordem escolhida para os critérios não está relacionada com a eventual ordem cronológica dos documentos legais que estiveram na base da sua fundamentação, mas

com a ordem, normalmente seguida, no esquema de apresentação de um trabalho prático nos manuais em estudo.

Como se pôde constatar no Capítulo 2, as várias reformas foram enfatizando aspectos diferentes no estabelecimento dos trabalhos práticos que, por sua vez, influenciaram as reformas subsequentes. Assim sendo, a fundamentação legislativa de cada critério de análise refere-se à reforma que primeiro lhe deu relevo de forma explícita e refere-se, também, a reformas que lhe tenham acrescentado algum contributo.

Critério 1: Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão

Pretende-se identificar se é efectuada, antes da descrição do procedimento experimental, alguma introdução teórica aos conceitos básicos necessários à compreensão do trabalho prático em questão **(1.1)** e/ou métodos experimentais a utilizar na realização do mesmo **(1.2)**. Relativamente aos métodos experimentais, importa saber se esta descrição é feita com a inclusão de esquemas ilustrativos, expressões matemáticas e/ou tabelas.

Fundamentação legislativa:

“ 7ª. Antes da iniciação de qualquer trabalho, deve-se exigir e ajudar o aluno na preparação do plano e na escolha do material necessário para a sua execução;” (Decreto de 12 de Setembro de 1918)

“ Reduza-se a um mínimo o número das definições e das leis a conhecer de cor.”
(Decreto de 26 de Agosto 1930)

Critério 2: Apresentação do material/equipamento a utilizar

Este critério pretende evidenciar se é feita a apresentação do material/equipamento laboratorial a utilizar e, no caso positivo, de que forma é realizada: se existe uma enumeração prévia do material a utilizar **(2.1)**; se é apresentado o equipamento sob a forma de esquema **(2.2)** e se é descrita a sua constituição, modo de funcionamento e, consequentemente, principais cuidados a ter no seu manuseamento **(2.3)**.

Fundamentação legislativa:

“ 2ª. O trabalho deve ser individual (...) cultivando (...) a habilidade manual; (...) 7ª. Antes da iniciação de qualquer trabalho, deve-se exigir e ajudar o aluno na preparação do plano e na escolha do material necessário para a sua execução;” (Decreto de 12 de Setembro de 1918)

“ (...) na descrição de aparelhos empreguem-se sobretudo esquemas que permitam aos alunos dominar o princípio da sua construção.”
(Decreto de 26 de Agosto de 1930)

Critério 3: Apresentação do protocolo experimental

Este critério pretende evidenciar como é descrito o protocolo experimental a realizar pelos alunos, mais concretamente, se é indicada, passo a passo, a forma como o trabalho se pretende levar a efeito **(3.1)** ou, se a descrição é feita sob a forma de texto sem discriminação dos vários procedimentos por itens (i.e., em “texto corrido”) **(3.2)**. Pretende-se, também, constatar se a descrição do protocolo é acompanhada de desenhos, esquemas ou diagramas ilustrativos **(3.3)**.

Fundamentação legislativa:

“ 1ª. (...) são trabalhos executados pelos alunos, sob a direcção dos professores (...), em que se deve visar, sobretudo (...) a sua educação científica,[sic] procurando criar nele hábitos de investigação e crítica; 2ª. O trabalho deve ser individual (...) cultivando (...) a personalidade e a iniciativa do aluno; 3ª. Não devem (...) ter feição de mera execução de meras receitas de observação e experiência;” (Decreto de 12 de Setembro de 1918)

Critério 4: Recomendações acerca do registo das medições

Pretende-se averiguar se se chama a atenção para limitações do método utilizado, erros instrumentais ou de leitura e forma de os minimizar **(4.1)**; se, ao longo do texto apresentado, para grandezas e/ou unidades distintas, se utilizam símbolos distintos e se se refere qual o significado desses mesmo símbolos **(4.2)**; se se refere, explicitamente, quais as grandezas a medir e cálculos a efectuar com as mesmas (sem exemplificar com valores numéricos), assim como se sugerem como se devem organizar esses dados **(4.3)**; se se apela ao desenho do esboço do esquemas experimental **(4.4)**.

Fundamentação legislativa:

“ 5ª. O desenho é uma maneira de expressão gráfica de que deve fazer-se, nestes trabalhos, largo e correcto uso;” (Decreto de 12 de Setembro de 1918)

“ IV. O registo dos trabalhos laboratoriais será objecto de um particular cuidado. Considera-se vantajosa a distribuição de folhas [sic] impressas com a disposição do registo já feita e em que o aluno apenas insere os resultados obtidos.

Façam-se incidir problemas experimentais individuais e chame-se a atenção do curso para os seguintes pontos, em especial:

- a) Leituras por estimativa;*
- b) Reprodução gráfica de uma série de medidas;*
- c) Cálculo aproximado;*
- d) Métodos de desvio e de zero;*
- e) Grau de precisão de uma medida; erro;*
- f) Apresentação dos resultados; unidades; significação de um zero à direita de uma vírgula, etc.”* (Decreto de 26 de Agosto de 1930)

Critério 5: Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões

Este critério pretende analisar se se exemplificam quais as grandezas físicas a medir e cálculos a efectuar após o registo de dados, com exemplos concretos de valores próximos dos que se pretendem obter, **(5.1)**; se esses exemplos de registos numéricos de medições são acompanhados de tratamento matemático ou discussão sobre os mesmos **(5.2)**; se são apresentadas as conclusões a que se pretende chegar com a realização do trabalho prático **(5.3)**; se existem tabelas de constantes ou de simbologia para consulta **(5.4)**.

Fundamentação legislativa:

“ 4ª. Na direcção e na apreciação do trabalho do aluno não deve só dar-se importância à correcção com que ele faz a observação ou pratica a experiência, mas também, e não menos, à maneira por que as interpreta e relata;” (Decreto de 12 de Setembro de 1918)

(...) mantendo os alunos, quanto for bastante, no desconhecimento dos resultados das experiências a realizar, para que as observações não possam ser prejudicadas, e exigindo que as suas ilações concordem com os registos previamente elaborados das observações.

(Decreto de 27 de Agosto de 1929)

Critério 6: Apresentação de questões

Este critério pretende observar se estão previstas questões para o aluno responder. Essas questões podem ser sobre aspectos técnicos do trabalho prático, ou seja, questões passíveis de ser respondidas pela execução prática do trabalho **(6.1)** ou sobre aspectos teóricos subjacentes ao mesmo **(6.2)**.

Fundamentação legislativa:

“ 4ª. Na direcção e na apreciação do trabalho do aluno não deve só dar-se importância à correcção com que ele faz a observação ou pratica a experiência, mas também, e não menos, à maneira por que as interpreta e relata;” (Decreto de 12 de Setembro de 1918)

Em suma, os critérios e subcritérios estabelecidos para a análise dos manuais seleccionados foram os seguintes:

1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão;

- 1.1.** introdução teórica aos conceitos básicos necessários à compreensão do trabalho;
- 1.2.** introdução teórica aos métodos experimentais a utilizar na realização do mesmo, tendo em conta se esta é feita com a inclusão de esquemas ilustrativos, expressões matemáticas e/ou tabelas;

2. Apresentação do material/equipamento a utilizar

- 2.1.** apresentação do material/equipamento laboratorial a utilizar (se existe uma enumeração prévia do material a utilizar) ;
- 2.2.** apresentação do equipamento sob a forma de esquema;

2.3. apresentação da constituição, modo de funcionamento e, consequentemente, principais cuidados a ter no manuseamento do material/equipamento;

3. Apresentação do protocolo experimental

3.1. descrição, passo a passo, dos procedimentos a adoptar para a realização do trabalho prático;

3.2. descrição a forma de texto sem discriminação dos vários procedimentos por itens;

3.3. protocolo experimental acompanhado de desenhos, esquemas ou diagramas ilustrativos;

4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições

4.1. referência a erros instrumentais ou de leitura e forma de os minimizar;

4.2. utilização de simbologia coerente e explicitação do seu significado;

4.3. indicações das grandezas a medir;

4.4. recomendações para o desenho de esboços do esquema experimental;

5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões

5.1. exemplos de registos numéricos

5.2. exemplos de análise de dados;

5.3. apresentação das conclusões;

5.4. existência de tabelas de constantes ou de simbologia para consulta;

6. Apresentação de questões

6.1. questões sobre aspectos técnicos do trabalho prático;

6.2. questões sobre aspectos teóricos subjacentes trabalho prático.

Cada manual tem a sua própria estrutura organizativa e, consequentemente, a numeração adoptada para os critérios não é seguida pela mesma ordem por todos os autores. Assim sendo, no próximo capítulo, correspondente à análise dos trabalhos práticos em estudo, no caso de um determinado critério estar presente, este facto será

assinalado ao longo do próprio texto, sob a forma do número correspondente ao subcritério em questão, que será evidenciado a negrito e entre parêntesis.

Capítulo 4 – Análise dos trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo

Neste capítulo pretende-se analisar os trabalhos práticos propostos de Electricidade e Magnetismo que constam nas duas amostras de manuais seleccionados, de acordo com os critérios de análise estabelecidos no capítulo anterior.

Previamente a cada um dos trabalhos práticos, e para cada manual, é feita uma breve descrição dos mesmos. Em seguida, averiguar-se-á a presença ou ausência de cada um dos critérios e proceder-se-á, depois, à análise comparativa.

Como já foi referido no capítulo anterior, a presença dos subcritérios será assinalada sob a forma do número correspondente, que será evidenciado a negrito e entre parêntesis ao longo do texto (ver numeração adoptada no capítulo 3).

4.1. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo: amostra A (1936-1946)

Os trabalhos práticos seguintes pertencem à lista de trabalhos práticos que constam da amostra A, caracterizada no capítulo anterior:

5. *Medição da resistência de um condutor: método de substituição.*
6. *Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior.*
7. *Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio;*
8. *Determinação da declinação e da inclinação terrestre.*

Em seguida, vai-se analisar de que forma cada um dos trabalhos anteriores são descritos nos vários manuais de acordo com os critérios estabelecidos.

4.1.1. Medição da resistência de um condutor – método de substituição

Esta determinação baseia-se na noção intuitiva de resistência, dada com o auxílio do desvio da agulha de um galvanómetro: se dois circuitos, submetidos às mesmas condições de intensidade da corrente e de diferença de potencial, acusam o mesmo desvio na agulha do galvanómetro, é porque possuem a mesma resistência.

Neste trabalho, estabelece-se um circuito fechado com uma pilha, a resistência a medir e um galvanómetro. Fechando o circuito, o sistema móvel do galvanómetro desvia-se de um certo ângulo. Substituindo a resistência desconhecida por um reóstato graduado (caixa de resistências, por exemplo), procura-se a resistência para a qual o desvio no galvanómetro é o mesmo. A resistência é igual à resistência intercalada no reóstato.

Os conceitos básicos subjacentes a este trabalho (e aos restantes da área de electricidade) são intensidade de corrente, diferença de potencial e resistência eléctrica.

Manual 1:

Ferreira, H. A., *Trabalhos Práticos de Física* (1936), Livraria Sá da Costa

O manual 1 apresenta, antes do trabalho prático propriamente dito, um conjunto de indicações prévias a ter em conta antes de efectuar medições eléctricas. Este conjunto de indicações designado, por isso mesmo, “*Medições Eléctricas*” consiste na enumeração de algumas regras e indicações a ter em conta aquando da execução de trabalhos práticos no âmbito da electricidade. Destas indicações, salienta-se a seguinte transcrição que oferece pistas acerca do papel desempenhado pelo professor:

“Concluída a instalação, verificam-se sucessivamente, pelo esquema, os diversos circuitos estabelecidos; dá-se depois uma passagem geral por todos os terminais e cavilhas, dando-lhes o aperto definitivo. Antes de prosseguir, deve o aluno pedir ao Professor que preside aos trabalhos que verifique a instalação. Só depois se fazem as ligações aos geradores, e se dá começo à medição.”

Repare-se no papel de supervisor do professor sugerido neste manual e cuja importância é reforçada pela letra maiúscula da palavra “*Professor*” (em contraste com a letra minúscula da palavra “*aluno*”) e pelo termo “*preside aos trabalhos*”.

Nesta espécie de preâmbulo dos trabalhos práticos deste manual é feita, também, uma descrição sucinta do funcionamento de um amperímetro e de um voltímetro, fazendo-se referência ao shunt de resistência (2.3):

“Os amperímetros e voltímetros não devem ser submetidos a correntes ou tensões superiores àquelas para que foram construídos. Contudo, podem-se fazer com eles medições de valores acima do limite superior das suas graduações; como se diz vulgarmente, pode-se-lhes ampliar a graduação.”

“Para ampliar m vezes a graduação de um amperímetro de resistência g , adapta-se-lhe um shunt de resistência $\frac{g}{m-1}$. Isto é, com um amperímetro de 2 A podem medir-se intensidades de corrente até 20 A, desde que se lhe adapte um shunt de resistência $\frac{g}{9}$, sendo g a resistência do amperímetro.”

Para além disso, explicita também o princípio de funcionamento de um reóstato e de um gerador.

Na parte respeitante ao reóstato, são indicadas quais as séries de caixas de resistências mais usadas:

“Nos laboratórios empregam-se as caixas de resistências de valor conhecido, em séries iguais às das caixas de pesos:

(5,2,2,1), (5,2,1,1) e (4,3,2,1)

A terceira combinação é a mais usada actualmente.”

Verifica-se que este autor chama a atenção do experimentador para as possíveis causas de erro que advêm da utilização da caixa de resistências **(4.1)**:

“A principal causa accidental de erro quando se trabalha com as caixas provém da imperfeição dos contactos e da falta de apêto das cavilhas. Deve, por isso, haver o maior cuidado em verificar que todas as cavilhas da caixa estão escrupulosamente limpas, e bem apertadas nos respectivos alvéolos.”

O autor do manual 1 menciona, ainda, uma informação pertinente que os restantes autores não referem acerca dos reóstatos:

“Como regra geral, admite-se que a corrente máxima que pode passar numa bobina com R ohms é de $\sqrt{\frac{0,100}{R}}$ amperes, o que corresponde a estabelecer que a potência libertada na bobina não deve exceder 0,100 W.

É evidente que, estando várias bobinas metidas no circuito, o cálculo deve fazer-se para a de maior resistência, por ser a construída por fio mais fino.”

Este pequeno excerto revela que não existe uniformidade no que diz respeito às unidades: ora se empregam as unidades escritas por extenso, como *ohms* ou *amperes*; ora, se recorrem a símbolos como o W que simboliza a unidade de potência eléctrica, *watt*.

Após esta parte preliminar, segue-se, então, a descrição do trabalho prático propriamente dito.

Uma das particularidades deste manual é que, além de referir a medição de resistências pelo método da substituição, tal como os outros manuais, faz menção ainda à medição de resistências pelo “*Método do amperímetro e do voltímetro*”, método esse que não consta do programa e que é referido mais adiante.

Quanto à medição de resistências pelo primeiro método, o procedimento experimental é feito de forma descritiva e cingindo-se ao essencial (3.2). Existe um esquema da montagem do circuito (3.3) cuja legenda é remetida para a Tabela V do manual (tabela de sinais gráficos) (5.4):

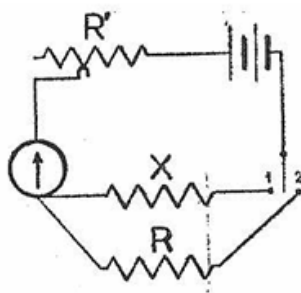


Figura 1. Esquema de circuito – método de substituição (manual 1)

TABELA V — Sinais gráficos a empregar nos esquemas de instalações eléctricas			
Corrente contínua	—	Interruptor	
Corrente alternada	~	Comutador de duas direcções	
Linha em circuito eléctrico	—	Motor de corrente contínua	
Condutores que se cruzam sem ligação eléctrica		Pilha ou acumulador	
Condutores que se cruzam com ligação eléctrica		Bateria de acumuladores ou de pilhas	
Condensador ou capacidade		Instrumento indicador	
Resistência		Voltímetro	
Contacto móvel (de cursor)		Amperímetro	
Resistência regulável por cursor		Tomada de corrente bipolar	
Terminais (fixo e amovível)		Ficha bipolar	

Figura 2. Tabela de sinais gráficos a empregar nos esquemas de instalações eléctricas (manual 1)

Segue-se um exemplo do registo dos valores da resistência de uma bobina (5.1) e determinação do valor da resistência em estudo (5.2); esta determinação, no entanto, não é imediatamente clara para o leitor, uma vez que não estão explicitamente identificados os números de divisões da escala graduada, para cada resistência, nem a forma de as obter.

Medição da resistência de uma bobina				
Con a resistência X	4,2	4,5	4,55	8,7
	15,0		15,0	
Para $R = 250 \Omega$	6,4	6,6	6,5	9,5
	12,5		12,5	
Para $R = 240 \Omega$	5,8	5,9	5,85	7,8
	11,7		11,7	
10 Ω — 1,7 div.	} $\pi = 4,7 \Omega$ $R = 234,7 \Omega$			
π — 0,8				

Figura 3. Registo da medição da resistência de uma bobina (manual 1)

Note-se, de novo, que o símbolo utilizado para a unidade ohm é a letra O, o que pode indiciar que ou houve uma alteração na simbologia utilizada para designar as unidades das grandezas físicas; ou a gráfica não tinha o tipo grego da letra, tendo escolhido o mais próximo do alfabeto português; ou, simplesmente, não havia a preocupação de uniformizar a notação.

No método do amperímetro e do voltímetro é apresentado, de novo de forma sucinta, o procedimento experimental (3.2) e o respectivo esquema de montagem (3.3) e a indicação de como proceder para o tratamento dos dados de forma a atingir o objectivo final (4.3).

Por fim, sugere-se um exercício resolvido sob o título de “exemplo” sobre a medição resistência de uma lâmpada eléctrica (5.1; 5.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 2:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1937), Livraria Simões Lopes.

Neste manual é indicada, logo de início, a lista do material a utilizar ((2.1):

“40 – Material empregado: uma pilha, um galvanómetro, uma caixa de resistências, um interruptor de godés e fios de ligação.”

O autor refere o princípio de funcionamento da caixa de resistências e do interruptor de godés (2.3). Foquemo-nos, a título exemplificativo, na descrição da caixa de resistências:

“Uma caixa de resistências é constituída fundamentalmente por uma série de bobinas, de resistências conhecidas, colocadas no interior de uma caixa. As bobinas estão ligadas umas às outras por intermédio de barras de cobre A, B, C, de resistências praticamente nulas. As barras A, B, C, etc., podem, como mostra a figura, ligar-se umas às outras por intermédio de chaves de cobre que se introduzem nos orifícios que as separam. Quando se introduz uma caixa de resistências num circuito, se as chaves estiverem todas colocadas nos orifícios que separam as barras, a corrente passa através destas, cuja resistência é (...) praticamente nula. (...) Tirar uma chave (...) equivale, portanto, a introduzir nesse circuito uma resistência cujo valor se lê junto do orifício donde se retirou a chave.”

Este excerto mostra que, apesar de não ser feita qualquer apresentação prévia dos conceitos básicos envolvidos, esta descrição do funcionamento da caixa de resistências evidencia como a resistência eléctrica depende do comprimento do condutor que atravessa.

O autor apresenta, ainda, a ilustração da sua constituição no esquema de montagem apresentado para o trabalho (2.2):

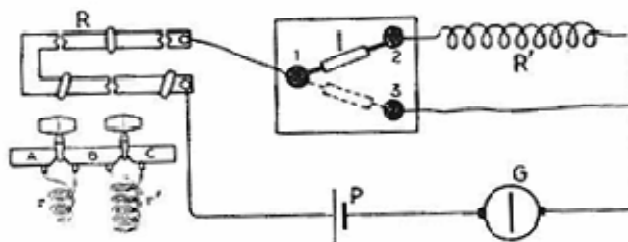


Figura 4. Esquema da montagem experimental – método de substituição (manual 2)

A legenda do esquema de montagem está indicada ao longo do texto que descreve o procedimento experimental.

Note-se que o autor não faz qualquer separação etápica no procedimento experimental (3.2). Os vários passos do procedimento não aparecem discriminados por tópicos, mas sim inseridos num único texto compacto, apenas “interrompido” pelo esquema da montagem.

Verifica-se, à semelhança do manual 1, que o autor tem o cuidado de apresentar quais as grandezas físicas a medir e como chegar ao resultado final (4.3).

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 3:

Romariz, A. & Romariz, A, *Trabalhos Práticos de Física e Química 2º Ciclo: I Parte – Física* (1941), Editora Educação Nacional, Lda..

O autor deste manual começa a descrição do trabalho prático com o tópico “*Generalidades*”, que inclui a definição de alguns dos conceitos básicos subjacentes ao trabalho como, por exemplo, resistência eléctrica (1.1):

“Dá-se o nome de resistência eléctrica de um condutor à causa que produz o enfraquecimento da intensidade da corrente que o atravessa.

A unidade de resistência é o Ohm; para grandes resistências emprega-se o múltiplo mega-ohm (um milhão de ohms) e para pequenas resistências o sub-múltiplo micro-ohm (um milionésimo de ohm).”

O autor completa a definição de resistência eléctrica introduzindo o conceito de resistência específica (ou, actualmente mais utilizada, resistividade) acompanhada da expressão matemática que as relaciona (1.2):

“A resistência eléctrica dum condutor é directamente proporcional ao seu comprimento, específica, constante para cada substância:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Resistência específica é a resistência do condutor, que a determinada temperatura, tem a unidade de comprimento e a unidade de secção.”

Acrescente-se, porém, que não é explicitado o significado de qualquer dos símbolos utilizados na expressão anterior.

Tal como no manual anterior, faz-se também referência ao funcionamento da caixa de resistências e do interruptor de godés (2.2).

O esquema ilustrativo da caixa de resistências (com as barras, as bobinas e as chaves) é muito semelhante ao anterior. É-lhe dada, no entanto, um pouco mais de relevo porque, ao contrário do caso anterior, não aparece incluída no esquema de montagem do circuito, mas aparece um esquema ilustrativo à parte só para a caixa:

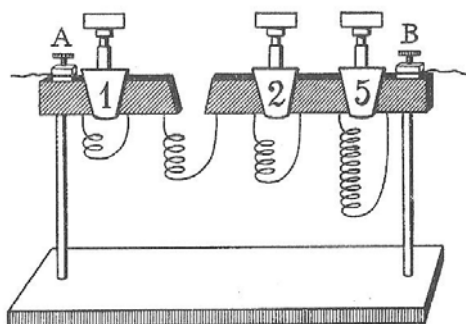


Figura 5. Caixa de resistências (manual 3)

Ainda relativamente à caixa de resistências, apresenta-se uma nota que indica alguns cuidados práticos a ter no seu modo de funcionamento e até mesmo na sua limpeza (2.3):

- a) *Conservar a parte inferior das cavilhas bem limpos; de tempos a tempos, limpá-las com esmeril e petróleo;*
- b) *Para que o contacto fique bem estabelecido é necessário apertá-las entre os condutores metálicos, dando-lhes um pequeno movimento de rotação;*
- c) *Quando a caixa de resistência não estiver em serviço, deve desapertar as cavilhas.*

A seguir é apresentado o “Princípio Fundamental”, ou seja, a premissa que norteia a realização do trabalho, o princípio subjacente ao método utilizado (1.2):

“Se dois circuitos, nas mesmas condições de intensidade e diferença de potencial, acusam o mesmo desvio na agulha do galvanómetro é porque possuem a mesma resistência.”

Segue-se o “Método Operatório”, ou seja, o protocolo experimental (3.2).

O “Método Operatório” inicia-se com a seguinte recomendação (4.4):

“Ao iniciar qualquer trabalho sobre electricidade, deve fazer um esquema da montagem que deverá seguir à risca.”

E sugere um esquema de montagem (3.3), semelhante ao do manual 2, mas sem a representação do interior da caixa de resistências (que se detalhou na Figura 5):

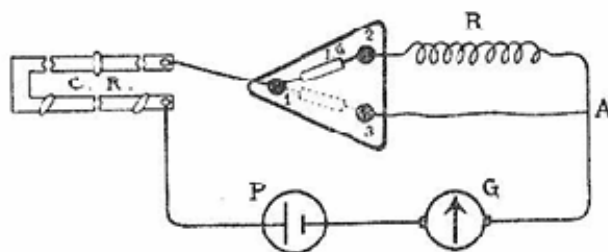


Figura 6. Esquema da montagem experimental – método de substituição (manual 3)

Os símbolos utilizados no esquema de montagem estão devidamente acompanhados por uma legenda clara e elucidativa.

Com este esquema de montagem é possível montar dois circuitos:

1º circuito: I-CR-P-G-R-2-1

2º circuito: I-CR-P-G-A-3-1

Consoante a classe de ligação, no interruptor de godês, unir 1-2 ou 1-3.

É independente a posição relativa de C.R., P. e G., sendo indispensável, porém, que façam parte dos dois circuitos.

O “Método Operatório” compreende ainda os seguintes pontos:

a) Feito o esquema e montados os circuitos, feche o 1º circuito, ligando os godés 1 e 2.

Retire cavilhas da caixa de resistência, até que o desvio da agulha do galvanómetro esteja dentro da amplitude da sua escala. Tome nota da divisão do galvanómetro em que pára a agulha.

Seja R_1 a resistência introduzida no circuito pela caixa de resistências.

b) Feche agora o 2º circuito, ligando os godés 1 e 3.

O galvanómetro acusa um desvio maior por ser menor a resistência total do circuito (por supressão da resistência desconhecida).

Retire cavilhas da caixa de resistência, até que obtenha o mesmo desvio na agulha do galvanómetro.

Seja R_2 a resistência total introduzida no circuito pela caixa de resistências.

c) O valor da resistência desconhecida será:

$$R = R_2 - R_1$$

Como se nota, são assinaladas quais as grandezas a medir e que tipo de cálculos se devem efectuar com os resultados das medições (4.3).

O autor prevê, ainda outro método, para o caso de não se obter o mesmo desvio da agulha (4.3):

Nota – No caso de não poder obter o mesmo desvio da agulha, calcule R_2 , por interpolação.

Determine as resistências R' e R'' das resistências marcadas, correspondentes aos desvios d' (superior) e d'' (inferior) próximos dos desvios d (divisão do galvanómetro em que pára a agulha, quando se fecha o 1º circuito).

Admitindo que pequenas variações de desvios são proporcionais às correspondentes variações de intensidades, logo inversamente proporcionais às variações de resistências, sendo $d' > d > d''$, é $R' < R''$, teremos:

$$\frac{R'' - R'}{R_2 - R'} = \frac{d' - d''}{d' - d}$$

donde:

$$R_2 = R' + (R'' - R') \frac{d' - d}{d' - d''}$$

O 4º ponto, intitulado “*Experiência*”, não se refere ao protocolo, mas nele é apresentada uma tabela (Figura 7) com possíveis resultados numéricos obtidos (5.1); segue-se uma tabela (Figura 8) para o caso de não se obter o mesmo desvio na agulha do galvanómetro.

Circuitos	Caixa de resistência	Divisões do galvanómetro
1.º circuito	$R_1 = 15$ ohms	$d = 10$
2.º circuito	$R_2 = 28$ ohms	$d = 10$

Figura 7. Tabela de registo de dados (manual 3)

Circuitos	Caixa de resistências	Divisões de galvanómetro
1.º circuito	$R_1 = 15$	$d = 10$
2.º circuito	$R' = 27$	$d' = 11$
2.º circuito	$R'' = 29$	$d'' = 2$

Figura 8. Tabela de dados para um desvio diferente da agulha do galvanómetro (manual 3)

Determina-se, em seguida, o valor da resistência que se obtém com os resultados exemplificados anteriormente, explicitando todos os cálculos (52.).

Por fim, o autor apresenta um questionário com questões relacionadas com os conceitos envolvidos no trabalho prático (6.1):

Qual a unidade de resistência eléctrica? Como se define?

O que é uma caixa de resistências?

Conhece mais algum reóstato?

O que é um galvanómetro?

O que é um amperímetro?

Em que difere um galvanómetro dum amperímetro?

Conhece as leis de Joule? Enuncie-as.

E, numa proporção muitíssimo menor, relacionada directamente com o procedimento experimental propriamente dito (6.2):

Como se deve montar um circuito?

Manual 4:

Areal, A., *Novo Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1943), Editora Nacional.

Tal como o manual 1, este manual inicia a parte de trabalhos práticos respeitantes à electricidade com um conjunto de indicações prévias com o título “Generalidades”. Este item contempla os principais sinais gráficos convencionais que simbolizam diversos aparelhos, máquinas ou partes de circuitos adoptados pela Comissão Electrotécnica Portuguesa (Decreto nº 21049 de 2 de Abril de 1932) que são mais relevantes para os trabalhos práticos em questão. As diferenças nos sinais gráficos adoptados são muito subtis e irrelevantes reduzindo-se à sua representação na vertical ou na horizontal (comparar, por exemplo, o símbolo do interruptor).

A Figura 9 representa os sinais gráficos ilustrados no referido manual.

Contacto móvel do cursor, símbolo geral	
Resistência	
Resistência regulável por cursor	
Pilha ou acumulador	
Bateria de pilhas ou de acumuladores	
Instrumento indicador, símbolo geral	
Voltímetro	
Amperímetro	
Ohmímetro	
Gerador	
Linha ou circuito eléctrico	
Terminal ou contacto, símbolo geral	
Interruptor manual de ruptura no ar, símbolo geral	
Comutador rotativo manual de duas direcções, interrompendo o circuito na passagem de um para outro contacto, símbolo geral	

Figura 9. Sinais gráficos adoptados pela Comissão Electrotécnica Portuguesa (manual 4)

O tópico “*Generalidades*” indica alguns cuidados muito elementares de medição de medidas eléctricas. A título exemplificativo, transcrevem-se os pontos 162 e 163.

“ 162. Só depois da instalação estar pronta e de se ter verificado pelo esquema os diversos circuitos estabelecidos, é que se devem fazer as ligações aos geradores que existem no circuito, no acto de se iniciar a medição propriamente dita.

163. No caso de, durante a medição, se reconhecer que os resultados obtidos não satisfazem, deve-se desligar imediatamente o gerador e verificar novamente a instalação.”

É apresentada uma lista do material a utilizar (2.1)

Na parte referente ao material é apresentada uma figura de uma caixa de resistências (e não de um esquema do seu interior como nos manuais 2 e 3), após explicar o seu princípio de funcionamento (2.3):

“ Uma caixa de resistências é formada essencialmente por uma série de bobinas, de resistências conhecidas, colocadas no interior de uma caixa, e ligadas umas às outras por intermédio de barras de cobre ou de latão (...) ligadas umas às outras por meio de cavilhas. (...) Tirar uma cavilha de uma caixa de resistências equivale, poranto, a introduzir no circuito uma resistência de valor conhecido. Assim, na figura (...) acha-se intercalada a resistência $100 + 40 + 30 + 20 = 190 \text{ Ohms}$. ”

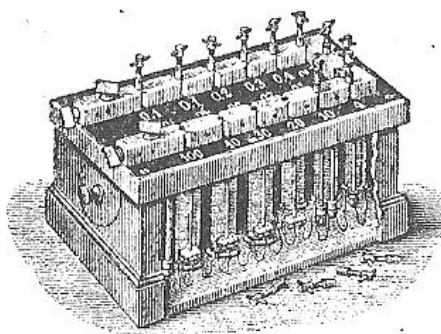


Figura 10. Caixa de resistências (manual 4)

Este manual também chama a atenção do aluno para algumas das principais causas acidentais de erro (4.1) quando se opera com a caixa de resistências e sugere alguns cuidados a ter para minimizar essas mesmas causas (ponto 168):

“ 168. Uma das principais causas acidentais de erro quando se trabalha em caixas de resistência reside na imperfeição dos contactos e na falta de aperto das cavilhas.

Por este motivo, deve haver o máximo cuidado em verificar que as cavilhas da caixa estão todas perfeitamente limpas e bem apertadas nos respectivos alvéolos.

Para apertar uma cavilha, dá-se-lhe um pequeno movimento helicoidal de cima para baixo e da esquerda para a direita; e para a desapertar, dá-se-lhe movimento em sentido contrário.”

Sublinhe-se também a utilização de “interruptores de godés”:

“ 169. O interruptor de godés, utilizado neste trabalho, é constituído por um bloco isolador constituído com três pequenas cavidades cheias de mercúrio onde mergulham as extremidades dos fios de ligação.”

Os fios de ligação são também chamados “fios de campainha”.

O princípio do método é apresentado em seguida (1.2):

“ Duas resistências são iguais quando, introduzidas sucessivamente num circuito fechado, dão correntes que acusam o mesmo desvio na agulha de um galvanómetro.”

O procedimento experimental, intitulado “Maneira de Proceder”, é descrito por tópicos devidamente numerados, o que revela uma organização sistemática das etapas do trabalho prático em questão (3.1):

O autor do referido manual tem o cuidado de apresentar um esquema do circuito a montar (3.3), incluído no tópico “Exemplo” que se segue à “Maneira de Proceder”:

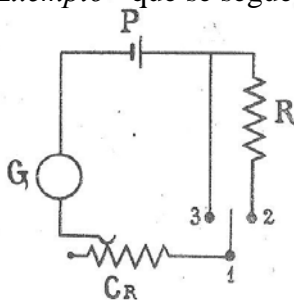


Figura 11. Esquema do circuito eléctrico – método de substituição (manual 4)

Note-se que o mesmo autor revela alguma incoerência na escolha dos sinais gráficos. Apesar dos sinais gráficos dos instrumentos estarem devidamente identificados na tabela de sinais gráficos no tópico “*Generalidades*”, aparece ao lado de cada um destes uma letra cuja identificação é definida ao longo do texto do procedimento experimental e não próxima do esquema da montagem.

O autor do manual apresenta, no último tópico intitulado “*Exemplo*”, um registo de observações com valores numéricos concretos (5.1) e os cálculos para a determinação do valor da resistência em estudo (5.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 5:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1946), 6ª edição, Livraria Figueirinhas.

Este manual é uma edição posterior ao manual 2. A descrição deste trabalho prático é em tudo semelhante à do referido manual, excepto num aspecto. Esta edição mais recente, ao longo da descrição do protocolo experimental, vai indicando quais as medidas a efectuar e cálculos a realizar, exemplificando com valores numéricos concretos (5.1; 5.2):

4.1.2. Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior

Neste trabalho pretende-se identificar três tipos de associação de pilhas. Na associação em série, liga-se o pólo positivo de um elemento ao pólo negativo do elemento seguinte (Fig. 1 – Figura 12); na associação em paralelo, ligam-se entre si todos os pólos do mesmo nome (Fig. 2 – Figura 12); na associação em série-paralelo ou mista (Fig. 3 – Figura 12), ligam-se em paralelo um determinado número de séries com um certo número de elementos.

A variação da intensidade da corrente de uma associação de elementos de pilhas, depende do tipo de associação.

Numa associação em série, monta-se um circuito em série em que figurem n elementos de pilha, um miliamperímetro, uma caixa de resistências e um interruptor.

Introduzem-se no circuito resistências sucessivamente crescentes, e regista-se, de cada vez que se modifica a resistência do circuito, o valor que o miliamperímetro indica para a intensidade da corrente e o valor correspondente das resistências introduzidas no circuito.

Numa associação em paralelo, associam-se os mesmos elementos em paralelo e registam-se os valores que o miliamperímetro indica para a intensidade da corrente quando no circuito se introduzem as mesmas resistências que nas experiências anteriores. Na associação série-paralelo, agrupam-se os mesmos elementos e procede-se como nas outras associações.

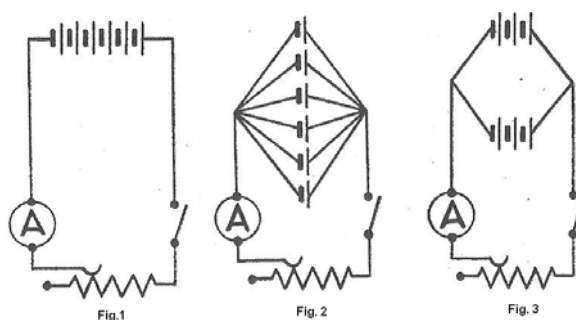


Figura 12. Esquemas de associações de pilhas (manual 2)

Manual 1:

Ferreira, H. A., *Trabalhos Práticos de Física* (1936), Livraria Sá da Costa

O manual 1 atribui a este trabalho o título resumido: “**Associação de elementos de pilha**” (o título sugerido no programa é “*Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior*”).

Este manual não apresenta quaisquer figuras com esquemas de montagem.

Quanto à apresentação dos aspectos teóricos subjacentes a este trabalho, é referido que existem três tipos de associações de pilhas possíveis e, em seguida, explica-se em que consiste cada uma delas, apresentando-se a fórmula que permite determinar a intensidade de corrente no circuito exterior em cada caso (1.2). A título exemplificativo, atente-se na apresentação da associação em série, feita no ponto I:

Na associação em série de n elementos iguais, de f.e.m. e e resistência interior, r , a f.e.m. da bateria é ne , e a sua resistência é nr . Se for R a resistência do circuito exterior, a intensidade da corrente neste circuito é, pela lei de Ohm:

$$I = \frac{ne}{R + nr}.$$

Em seguida, ainda antes de descrever o protocolo experimental, refere-se a necessidade de um certo número de elementos de pilha para a execução do trabalho prático e, neste seguimento, transcreve-se um excerto de como obter um elemento de pilha (2.3):

“ Obtém-se um elemento de Volta de resistência apreciável, com uma lâmina de cobre e outra de zinco puro amalgamado, cada uma com 15 x 15 x 0,1 cm, num vaso cilíndrico de vidro de 500 cm³ que contém água acidulada com 2% de ácido sulfúrico. É cómodo pregar as duas lâminas a uma régua de madeira com 10 x 2 x 2 cm, que assenta na boca do vaso.”

Em seguida, vem, então, no ponto III, a descrição do protocolo experimental de forma muito breve (3.2).

À medida que se vai descrevendo o protocolo, vão-se referindo as principais conclusões a que se pretende chegar (5.3), por exemplo:

“ Se (...) se fizer a ligação a um circuito exterior bastante resistente (...), reconhece-se que é a associação em série que dá a corrente mais intensa; e que os três elementos associados em paralelo dão aproximadamente a mesma corrente que qualquer deles.”

O ponto IV prende-se com algumas preocupações de cariz mais prático, relacionadas com questões do quotidiano:

“ Deve notar-se que o problema de procurar o modo de associar um certo número de elementos para obter no circuito exterior a corrente de intensidade máxima nunca aparece na prática. Nos laboratórios e na indústria trabalha-se quasi exclusivamente com elementos de acumulador; e o problema que em geral aparece é o seguinte: saber quantos elementos, de características dadas, são necessários, e como devem associar-se, para alimentar um circuito de características dadas.”

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 2:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1937), Livraria Simões Lopes.

Neste manual não é feita qualquer enumeração do material a utilizar.

Também à semelhança do manual anterior, não existe uma distinção formal (com itens bem demarcados) entre o fundamento teórico da experiência e o procedimento experimental. Este facto é ainda mais reforçado ao verificar-se que, neste manual, todo o trabalho está incluído num único ponto (ponto 41) sem quaisquer alíneas a sistematizar o conteúdo do mesmo.

O autor começa por referir que existem três tipos de associação de pilhas e remete o leitor para o esquema respectivo de cada uma (1.2):

“As pilhas podem agrupar-se em três tipos de associações: associação em série (fig. 40, I), associação em paralelo (fig. 40, II), e associação mixta [sic] (fig. 40, III).”

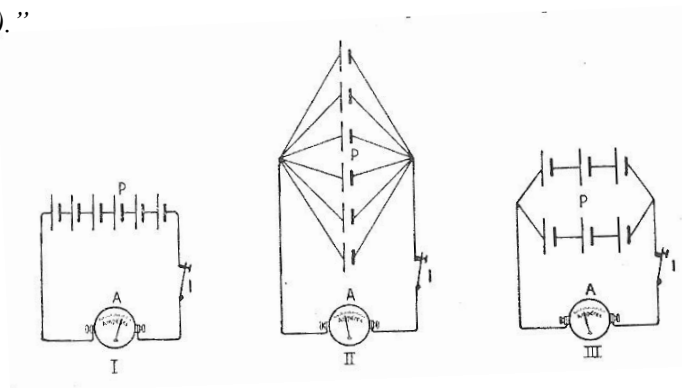


Figura 13. Esquemas de associações de pilhas (manual 2)

Sugere-se, logo depois, o estudo experimental dos três tipos de associações (3.1).

Relativamente à associação em série, diz o seguinte:

“Tomemos 6 pilhas iguais, associemo-las em série, liguemos o circuito, por elas formado, aos bornes dum amperímetro e tomemos nota da intensidade da corrente que este indica:.”

$$i_1 =$$

Note-se que a sugestão de procedimento para as outras duas associações é semelhante e também é indicado que se deve medir a intensidade de corrente, indicando: “ $i =$ ” (4.3).

O autor prossegue da seguinte forma:

Comparando os três valores encontrados reconheceremos que a associação em paralelo é que fornece corrente de maior intensidade e a associação em série é a que dá corrente menos intensa:

$$i_3 > i_2 > i_1.$$

Este excerto indica algumas das ilações para as quais este trabalho aponta.

Para finalizar, sugere-se repetição das medições para as três montagens diferentes, mas, desta vez, intercalando em cada circuito uma resistência R muito grande (de mil ohms, por exemplo); e, em seguida, intercalando resistências “compreendidas entre 1 e 100^{oh}”.

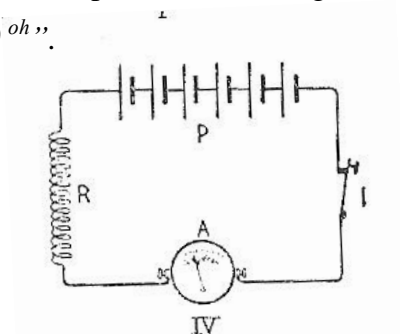


Figura 14. Esquema da montagem experimental (manual 2)

Repare-se que o autor tem a preocupação de sugerir exemplos para o valor que deve assumir a resistência exterior (4.3).

O símbolo utilizado para representar a unidade “ohm” é “oh” em índice superior; das poucas vezes que este símbolo é representado, é-o sempre da mesma forma (existe coerência no manual) (4.2).

O autor apresenta as conclusões a que pretende que o experimentador chegue no final do trabalho (5.3):

“ Dos resultados destas experiências podemos concluir que:

Quando a resistência exterior é muito pequena obtém-se uma corrente mais intensa associando as pilhas em paralelo, e quando a resistência exterior é muito grande obtém-se uma intensidade maior associando as pilhas em série.”

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 3:

Romariz, A. & Romariz, A., *Trabalhos Práticos de Física e Química 2º Ciclo: I Parte – Física* (1941), Editora Educação Nacional, Lda..

No item “*Generalidades*”, com que é iniciado este trabalho, apresenta-se o elemento de pilha (2.3):

“ *Chama-se elemento de pilha aos geradores de electricidade que nos fornecem grandes quantidades de electricidade sob pequena diferença de potencial.*”

Referem-se, também, os elementos de pilha mais utilizados sumariados numa tabela (Figura 15):

Pilhas	Electrodos		Elemento activo	Despolarisante	Força electro-motriz
	positivo	negativo			
Daniell	Cobre	Zinco amalga-mado	Ácido sulfúrico diluído (1 de ácido para 12 de água)	Soluto saturado de sulfato de cobre	1,07 volts
Bunsen	Carvão das retortas	Zinco amalga-mado	Ácido sulfúrico diluído (1 de ácido para 12 de água)	Ácido azótico	1,94 volts
Leclanché	Carvão das retortas	Zinco amaiga-mado	Soluto aquoso de cloreto de amónio	Mistura de bióxido de magnésio e carvão	1,46 volts
Poggendorff	Carvão das retortas	Zinco amalga-mado	Dicromato de potássio e ácido sulfúrico		2,01 volts

Figura 15. Tabela informativa acerca de alguns elementos de pilha mais utilizados (manual 3)

Neste tópico, há também uma clarificação do símbolo utilizado para elemento de pilha (como não existe uma tabela de sinais gráficos adoptados como nalguns manuais, este facto denota preocupação com a notação utilizada) (4.2):

“ *Costuma-se representar um elemento por dois traços paralelos, um comprido e fino (pólo positivo) e outro curto e grosso (pólo negativo).*”

Em seguida, apresentam-se os três tipos de associação de elementos de pilha e respectiva representação esquemática (1.2):

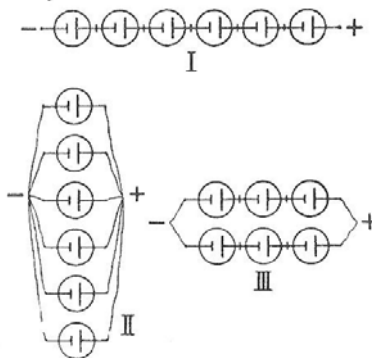


Figura 16. Esquemas de associações de pilhas (manual 3)

Existe também a preocupação de mencionar alguns cuidados a ter com os aparelhos de medida (2.3):

“ Neste trabalho temos de empregar um amperímetro.

O amperímetro é um galvanómetro que nos dá por simples leitura a intensidade de corrente que atravessa o circuito. (...) Nunca se deve empregar galvanómetros ou amperímetros em correntes de intensidade superior ao seu alcance; o emprego do shunt aumenta o alcance do amperímetro.”

No protocolo experimental, designado por “*Método Operatório*”, sugere-se o estudo da variação da intensidade da corrente com a resistência exterior (3.2). Neste seguimento, sugere-se um esquema para a associação em série (3.3):

“ Façamos um esquema do circuito, que poderá ser o apresentado na Fig. 55:

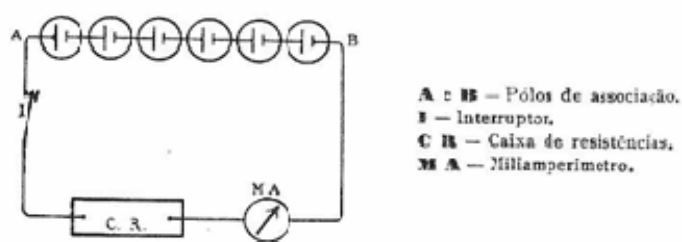


Figura 17. Figura 55 - Esquema da montagem experimental para a associação em série (manual 3)

São indicados cuidados a ter no manuseamento do material (2.3):

“ A posição relativa do interruptor, caixa de resistências e miliamperímetro pode ser qualquer.

Montado o circuito, feche-o e introduza a menor resistência dada pela caixa de resistências; faça a leitura no miliamperímetro.

Repita a experiência, introduzindo no circuito resistências sucessivamente crescentes, até obter a resistência máxima dada pela caixa de resistências; note, para cada experiência, a resistência introduzida e o respectivo valor lido no miliamperímetro.”

A experiência deve-se repetir para os outros tipos de associação. Sugere-se o registo de dados num quadro (4.3):

“Registe os valores obtidos num quadro.”

Na 3ª parte, “*Experiência*”, apresenta-se um quadro exemplificativo de registo de dados numéricos, obtidos com 6 elementos Leclanché (5.1):

Resistências intercaladas (ohms)	Intensidade da corrente (milampères)		
	Associação em série	Associação em paralelo	Associação mista
1	140	540	300
2	135	400	260
5	130	220	215
10	120	140	170
20	110	70	120
50	80	30	85
100	50	15	30
200	40	7	20
400	20	4	10

Figura 18. Quadro exemplificativo de registo de dados obtidos com 6 elementos *Leclanché* (manual 3)

Observando os valores numéricos da tabela destacados a negrito, são apresentadas conclusões (5.2; 5.3):

“ *Conclusão: - Observando o quadro vemos que, com o mesmo número de elementos, obtemos intensidade máxima da corrente:*

- Associando os elementos em paralelo para as pequenas resistências exteriores;*
- Associando os elementos em associação mista para as médias resistências exteriores;*
- Associando os elementos em série para as grandes resistências exteriores.”*

É apresentado um questionário final cuja resolução não implica a realização do trabalho prático em questão (6.2), por exemplo:

O que é uma pilha?

Quais são as partes constituintes duma pilha?

Que pilhas conhece?

Que entende por polarização duma pilha?

Como evita?

O que é um galvanómetro? E um amperímetro?

*Para que emprega a associação de pilhas?
Que tipos de associação de pilhas conhece?*

Manual 4:

Areal, A., *Novo Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1943), Editora Nacional.

O início deste trabalho prático corresponde ao ponto 172 e começa por apresentar os três tipos de associação de elementos de pilha, remetendo o leitor para os esquemas ilustrativos das mesmas (1.2):

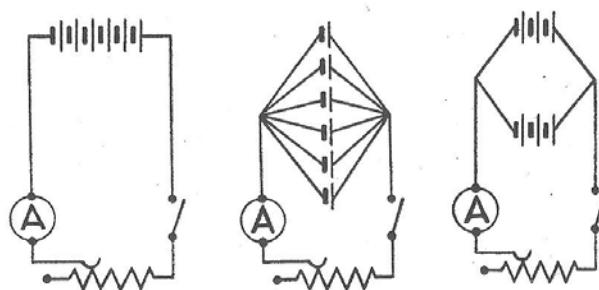


Figura 19. Esquema de associações de pilhas (manual 4)

O ponto 173 corresponde ao protocolo experimental (3.1) que descreve os procedimentos para estudar a variação da intensidade da corrente de uma associação de elementos de pilha remetendo para os mesmos esquemas anteriores (3.3).

Não existe uma discriminação do material a utilizar num item específico para tal, mas este vem descrito ao longo do procedimento.

O autor tem a preocupação de indicar algumas pistas no manuseamento do material (2.3), por exemplo no caso da associação em série:

“ 173. (...) ”

3) *Introduz-se no circuito uma resistência igual a 1 ohm, retirando para isso da caixa de resistência a cavilha junto da qual está indicado o valor 1.”*

O experimentador deve, segundo o autor, registar num quadro (4.3) o valor que o miliamperímetro indica para a intensidade da corrente.

E acrescenta, ainda:

“ 173. (...) ”

5) Introduzem-se no circuito resistências sucessivamente crescentes, e regista-se, de cada vez que se modifica a resistência do circuito, o valor que indica o miliamperímetro para intensidade da corrente e o valor correspondente das resistências introduzidas no circuito.”

Procede-se de forma semelhante para os outros dois tipos de associações de elementos de pilha.

A seguir ao protocolo experimental, este trabalho termina com a apresentação do item “Exemplo” que compreende os esquemas a que o autor foi remetendo o experimentador ao longo da leitura e uma tabela com registo de valores numéricos (5.1):

Resistência intercaladas (ohms)	Intensidade da corrente (miliampères)		
	Associação em série	Associação em paralelo	Associação mista
1	125	300	240
2	123	375	225
5	117	215	195
10	110	125	160
20	96	75	97
40	80	28	66
100	58	15	38
200	33	7	20
500	16	3	10
1000	8	1	4

Figura 20. Tabela com de medições de intensidade de corrente para diferentes associações pilhas (manual 4)

Este manual apresenta, em seguida, as principais conclusões que se pretendem obter a partir da análise da tabela (5.2; 5.3), por exemplo:

“ Para resistências exteriores muito pequenas, a intensidade da corrente é máxima na associação em paralelo. (...) ”

Para grandes resistências exteriores, a intensidade da corrente é máxima na associação em série.”

É apresentado um breve questionário relacionado com os conteúdos em questão:

Questionário

“ 172 e 173. Que espécies de associações de pilhas conhece? (6.2)

Como varia a intensidade de uma corrente com a resistência exterior?

(6.2)

Como se devem associar um certo número de elementos de pilha para obter no circuito exterior a corrente de intensidade máxima, quando essa resistência é: a) muito pequena; b) média; c) grande? (6.1) “

Manual 5:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1946), 6ª edição, Livraria Figueirinhas.

Este trabalho é apresentado de forma muito semelhante ao do manual 2 (edição mais antiga).

Uma das diferenças prende-se com as figuras das montagens (Figuras 21, 22 e 23). Nesta edição mais recente, estão representadas as resistências exteriores que não estavam nos outros esquemas.

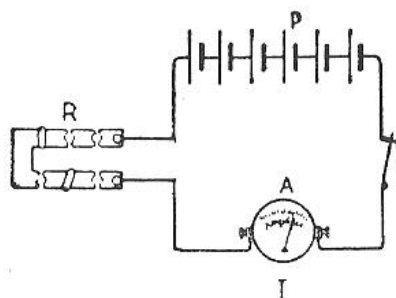


Figura 21. Esquema de montagem da associação em série (manual 5)

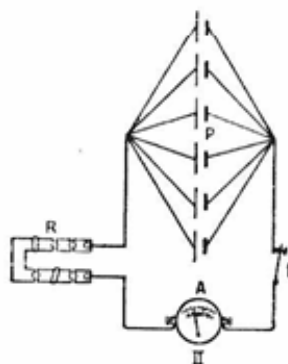


Figura 22. Esquema e montagem da associação em paralelo (manual 5)

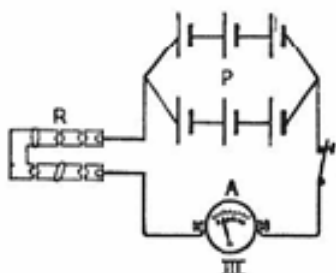


Figura 23. Esquema de montagem da associação mista (manual 5)

Uma outra alteração significativa prende-se com a introdução de uma tabela de registo de valores numéricos (5.1):

Valores em ohms das resistências intercaladas no circuito	Valores, em mili-amperes, das intensidades das correntes		
	Associação em série	Associação em paralelo	Associação mixta
$r = 1$	$i = 110$	$i = 500$	$i = 160$
$r = 2$	$i = 100$	$i = 200$	$i = 150$
$r = 10$	$i = 80$	$i = 60$	$i = 110$
$r = 20$	$i = 60$	$i = 20$	$i = 65$
$r = 50$	$i = 45$	$i = 10$	$i = 20$
$r = 100$	$i = 30$	$i = 5$	$i = 10$
$r = 200$	$i = 20$	$i = 2$	$i = 4$
$r = 400$	$i = 10$	$i = 0,5$	$i = 1$
$r = 1000$	$i = 4$	$i = 0,0$	$i = 0,5$
$r = 2000$	$i = 2$	$i = 0,0$	$i = 0,0$

Figura 24. Tabela de registo de dados (manual 5)

Estes dados são, depois, analisados e discutidos (5.2) e enunciadas as conclusões do trabalho prático (5.3): “*Dos resultados destas experiências podemos concluir que quando uma resistência é muito pequena, obtém-se uma corrente mais intensa associando as pilhas em paralelo; quando a resistência exterior é muito grande, obtém-se uma intensidade maior associando as pilhas em série.*”

É também acrescentada, no final do trabalho, uma tabela informativa com as “*resistências de fios com 1^m de comprimento e 1^{mm^2} de secção*” de diferentes materiais (5.4):

Substâncias	Resistência em ohms	Variação da resistência: % por $\pm 1^\circ$
Aço	0,15	—
Alumínio	0,32	0,36
Argentão	0,16	0,02
Carvão	50	0,002
Chumbo	0,21	0,40
Cobre	0,017	0,40
Constantán	0,49	—
Enxofre	2×10^8	—
Ferro	0,09	0,4
Grafite	12	—
Latão	0,08	0,002
Manganina (Mn, Ni, Cu)	0,42	0,002
Mercurio	0,58	0,092
Mica e ebonite	3×10^{10}	—
Ouro	0,023	0,40
Prata	0,016	0,40
Platina	0,108	0,39
Vidro	$5,3 \times 10^{11}$	0,41
Zinco	0,061	0,37

Figura 25. Tabela informativa sobre resistências de vários materiais (manual 5)

4.1.3. Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio

O voltâmetro de cobre é constituído por duas placas de cobre, que mergulham num vaso de vidro que contém um soluto de sulfato de cobre. Se se ligar uma das placas do voltâmetro aos pólos de um gerador eléctrico de corrente contínua, observa-se que em torno da placa ligada ao pólo negativo (eléctrodo negativo) se liberta cobre que fica aderente a essa placa. A massa de cobre libertada está relacionada com a intensidade da corrente pela seguinte fórmula:

$$m = Kit$$

Desta forma, medindo a massa (m) de cobre libertada por unidade de tempo (t) e o equivalente electroquímico do elemento (K), pode-se determinar a intensidade de corrente (i):

$$i = \frac{m}{Kt}$$

Note-se que, neste caso, se chama equivalente electroquímico dum elemento à massa do elemento libertada por um coulomb (geralmente exprime-se em miligramas). Também é possível medir o equivalente electroquímico em volume; neste caso, é o volume de gás libertado por um coulomb (geralmente, exprime-se em centímetros cúbicos).

O voltâmetro de hidrogénio (ou voltâmetro de água) é formado por duas buretas ligadas a um tubo terminado em funil (ver, por exemplo, Figura 26).

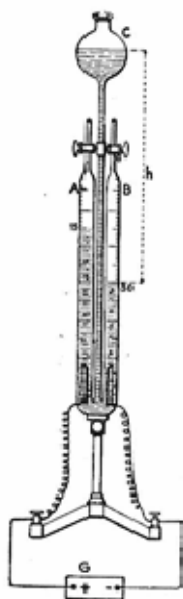


Figura 26. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio (manual 2)

As buretas têm, cada uma, na parte superior, uma torneira que permite que, quando são enchidas com água acidulada, saia o ar nelas contido. Os eléctrodos são constituídos por duas lâminas de platina situadas junto do fundo de cada uma das buretas.

Para determinar a intensidade duma corrente com este voltâmetro é, então, necessário, inicialmente, abrir as torneiras das duas buretas e deitar-se água no funil c até as encher completamente. Fecham-se, em seguida, as torneiras e deita-se pelo funil c uma quantidade de ácido sulfúrico igual a cerca de 15% do peso da água introduzida no voltâmetro. Ligam-se os eléctrodos do voltâmetro aos pólos do gerador e inicia-se a contagem do tempo. Deixa-se passar a corrente até o gás (hidrogénio) que se produz junto do eléctrodo negativo ocupar na bureta respectivamente um volume v igual, por exemplo, a 30 cm^3 e finaliza-se a contagem do tempo, registando-se o valor desse mesmo intervalo de tempo, t , em segundos.

Toma-se nota da temperatura ambiente, T , e da pressão atmosférica, H , no momento em que se realiza a experiência. A pressão H' a que está o hidrogénio é igual à pressão atmosférica aumentada da pressão h_1 exercida pela coluna de líquido de altura h que vai do nível do líquido na bureta B ao nível do líquido no funil c, e diminuída da tensão F do vapor de água à temperatura T , pois o hidrogénio está misturado com vapor de água saturante. Ou seja:

$$H' = H + h_1 - F$$

O valor da altura h_1 da coluna de mercúrio, que equilibra uma coluna de líquido de altura h e de densidade d é dado pela relação seguinte:

$$\frac{h_1}{h} = \frac{d}{13,6} \Leftrightarrow h_1 = \frac{h \times d}{13,6}$$

Portanto,

$$H' = H + \frac{d}{13,6} h - F$$

Conhecido o valor do volume v que, à pressão H' e à temperatura T , ocupa o hidrogénio libertado, o volume v_0 que ocuparia à temperatura de 0°C e à pressão de 760 mmHg é dado pela expressão seguinte:

$$v_0 = \frac{273H'}{760(273 + T)} \times v \Leftrightarrow v_0 = v \times \frac{1}{1 + 0,003665T} \times \frac{H'}{760}$$

Para determinar, por fim, a intensidade da corrente, recorre-se à seguinte expressão:

$$i = \frac{v_0}{Kt}$$

O equivalente electroquímico (em volume) do hidrogénio é representado por K.

Manual 1:

Ferreira, H. A., *Trabalhos Práticos de Física* (1936), Livraria Sá da Costa

O manual apresenta este trabalho em duas partes numeradas distintamente:

- “ 37. Voltâmetro de sulfato de cobre
38. Voltâmetro de água “

Neste manual também não existe uma enumeração do material a utilizar; vai sendo referido à medida que se vai descrevendo o procedimento experimental.

Na primeira parte do ponto 37, é apresentado o voltâmetro de cobre sem esquema ilustrativo (1.2):

“ Com o voltâmetro de sulfato de cobre, ou voltâmetro de cobre, mede-se a intensidade média I (amperes) de uma corrente eléctrica, e a quantidade de electricidade Q (coulombs) transportada pela corrente durante um certo tempo t (segundos). ”

E o autor continua com uma introdução ao método a utilizar para a medição da intensidade de corrente (1.2):

“ Medindo a massa m (gramas) de cobre libertada durante esse tempo pela passagem da corrente no voltâmetro:

$$I = \frac{m}{0,0003286t}; \quad Q = \frac{m}{0,0003286}$$

Emprega-se o voltâmetro de cobre não só para medir a intensidade média e a quantidade de electricidade transportada pela corrente, mas também para aferir a graduação de um amperímetro.”

No ponto II começa por ilustrar-se o esquema de montagem seguinte, assim como algumas considerações técnicas sobre o seu funcionamento (2.3).

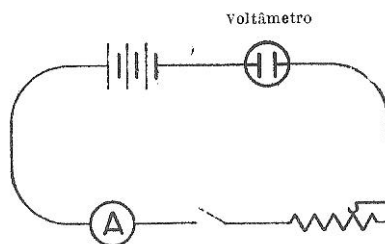


Figura 27. Esquema de montagem - voltâmetro de cobre (manual 1)

O ponto III corresponde ao protocolo experimental propriamente dito (3.2), e nele se descrevem também algumas indicações úteis referentes ao equipamento a utilizar:

“O número de acumuladores depende da intensidade da corrente a fornecer e do tempo de duração do ensaio. Para intensidades até 2A e para um ensaio normal, bastam 3 ou 4 acumuladores em série.”

Acerca da preparação do electrólito:

“ O electrólito é um soluto não saturado de sulfato de cobre, de densidade aproximadamente igual a 1,116, acidulado com ácido sulfúrico. Prepara-se o soluto dissolvendo 75g de sulfato de cobre cristalizado em 300 cm³ de água, e juntando umas gotas de ácido sulfúrico concentrado.”

Ainda sobre o voltâmetro:

“ Com o voltâmetro só podem medir-se intensidades de corrente até um certo valor que convém não exceder. Admite-se que, para que o depósito de metal no catódio se faça em boas condições, a corrente não deve exceder 1A por 25 cm² da superfície imersa do catódio.”

Ainda no âmbito do procedimento, dá-se mais esta indicação útil:

“ Deixa-se que a corrente passe durante o tempo necessário para que no catódio se deposite uma massa apreciável de cobre, (sabe-se que por hora e por ampere se depositam 1,183g de cobre); para intensidades de 1 a 2A, 40 minutos já é uma duração de ensaio razoável;”

Neste seguimento, vem o denominado “Exemplo”: “Exemplo para aferição do ponto 1,00 da graduação do amperímetro Chauvin nº 41.854” e que consiste numa concretização, com valores numéricos, do processo de calibração de um amperímetro da marca Chauvin, de referência 41.854 (5.1; 5.2):

Aferição do ponto 1,00 da graduação do amperímetro
Chauvin n.º 41.854

<i>P. esq.</i> — Tara	7,4	8,5	9,1	8,27	10,54
<i>P. dir.</i> — Catódio + 7,955 g.....	12,8	12,0	12,40		

Leitura do amperímetro durante o ensaio..... 1,00 A.

<i>P. dir.</i> — Catódio + Cobre dep. + 7,092 g	5,7	6,9	7,9	6,85	10,59
	14,9	15,3	14,35		

<i>P. dir.</i> — Catódio + Cobre dep. + 7,094 g	8,9	9,1	9,2	9,07	9,91
	10,8	10,7	10,75		

Tempo de passagem da corrente..... $t = 42\text{ m } 5,2\text{ s} = 2525,2\text{ s}$

2 mg — 0,68 div.	}	$\pi = 0,7\text{ mg}.....$
π — 0,25		

$M = 7,955\text{ g}$

$M' = 7,0927$

$m = M - M' = 0,8403$

$$I = \frac{m}{0,0003286\text{ t}} = 1,013\text{ A.}$$

Figura 28. Exemplo para aferição do ponto 1,00 da graduação do amperímetro Chauvin nº 41.854 (manual 1)

O ponto 38 é referente à utilização do voltâmetro de água (ou, como indicado no programa, voltâmetro de hidrogénio). Segue a apresentação da sua principal vantagem relativamente ao voltâmetro de cobre (2.3):

“ Com o voltâmetro de água podem medir-se correntes fortes, independentemente da área dos electródios. A intensidade da corrente é limitada apenas pela elevação de temperatura no electrólito. ”

São referidos vários modelos diferentes de voltâmetros de água:

“ Nos voltâmetros de água dos tipos Hoffmann e Bertin mede-se o volume de hidrogénio libertado; nos voltâmetros do tipo Kohlrausch mede-se o volume da mistura gasosa (hidrogénio e oxigénio) libertada. Em todos a proveta de recolha do gás é graduada; a mediação do volume é directa, sendo unicamente necessário reduzir a leitura às condições normais de pressão e temperatura. ”

Em seguida, faz-se a descrição do procedimento experimental (3.2) que vem precedido, de forma sintética, dos pressupostos teóricos que o fundamentam (1.2):

“ Sabe-se que a passagem no voltâmetro de uma quantidade de electricidade igual a 1 coulomb (ou o que é o mesmo, a passagem de uma corrente invariável de 1 ampere durante 1 segundo) liberta 0,01046 mg de hidrogénio e 0,0829 mg de oxigénio, massas a que correspondem os volumes de 0,1163 cm³ e 0,0581 cm³ medidos a 0°C e à pressão atmosférica normal. (...) ”

Se uma corrente eléctrica passar no voltâmetro durante o tempo t (segundos), e libertar uma quantidade de gás que a 0°C e 760 mm de mercúrio ocupa o volume v_0 (cm^3), a intensidade média I da corrente é, em amperes:

$$I = \frac{v_0}{0,1163t} \text{ (voltâmetro de Hoffmann, de Bertin, etc.)}$$

$$I = \frac{v_0}{0,1744t} \text{ (voltâmetro de Kohlrausch, etc.)}$$

É, depois, indicada a expressão matemática que permite determinar v_0 . Em seguida, o autor remete o experimentador para o esquema da “instalação” do voltâmetro de cobre (3.3).

É também apresentado um “Exemplo”, desta vez, para a “aferição do ponto 2,00 da graduação do amperímetro Chauvin 4888°, com o voltâmetro Kohlrausch” (5.1; 5.2), um exemplo com valores numéricos e respectivos cálculos para uma intensidade de 2,00A.

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 2:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1937), Livraria Simões Lopes.

Neste manual, à semelhança do anterior, a determinação da intensidade de corrente é efectuada utilizando o voltâmetro de cobre e o voltâmetro de hidrogénio.

Refira-se que não existe uma enumeração prévia do material a utilizar. Inicia-se cada uma das partes deste trabalho prático, expondo, sucintamente, o modo de funcionamento do voltâmetro de cobre e do voltâmetro de hidrogénio, respectivamente.

Vejamos, primeiro, o caso do voltâmetro de cobre.

É apresentado o instrumento (2.3):

“ O voltâmetro de cobre é constituído por duas placas de cobre que mergulham num vaso de vidro que contém um soluto de sulfato de cobre. Se ligarmos cada uma das placas do voltâmetro aos pólos de uma pilha ou de qualquer outro gerador eléctrico de corrente contínua, observaremos que me

volta da placa ligada ao pólo negativo (eléctrodo negativo) se liberta cobre que fica aderente a essa placa.”

Em seguida, é feita uma introdução teórica ao método a utilizar (1.2):

Quando por efeito da electrólise se liberta um elemento junto de um eléctrodo de um voltâmetro, a massa libertada do elemento está relacionada com a intensidade da corrente pela seguinte fórmula:

$$m = \frac{A}{n \times 96494} ti$$

donde tiramos

$$i = m \frac{n \cdot 96494}{A \times t}$$

É indicado o significado para os símbolos, m , massa de cobre depositada, A :

“ (...) A , o valor do átomo-grama do elemento”, n , o valor da valência do elemento e t , o tempo que dura a passagem da corrente;”

Contudo, não se refere qual a origem da constante de valor 96494. O símbolo i , subentende-se que diga respeito à intensidade de corrente, mas só posteriormente, na parte de cálculo, é feita uma referência explícita ao significado deste símbolo.

Ao longo do protocolo experimental (3.2), vão-se dando indicações de como obter os dados, que medidas fazer e dos cálculos a efectuar (4.3):

“ Tomemos nota das massas que ficam nesse prato quando se restabelece o equilíbrio se já

$M_I =$

A massa de cobre depositada no eléctrodo é ... “

O esquema de montagem (3.3) é o seguinte:

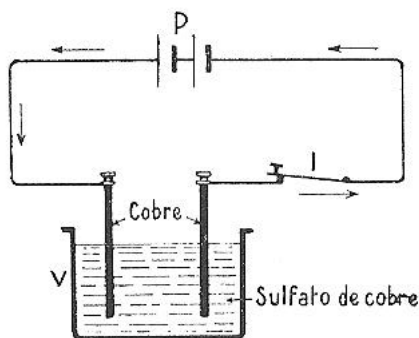


Figura 29. Esquema de montagem - voltâmetro de cobre (manual 2)

A segunda parte do trabalho inicia-se com a descrição do funcionamento do voltâmetro de hidrogénio e respectivo desenho (2.3):

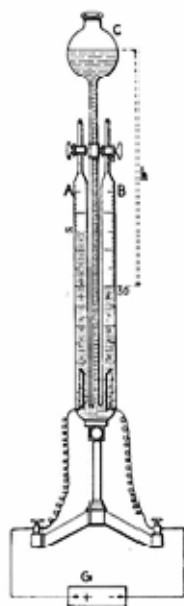


Figura 30. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio (manual 2)

Segue-se o protocolo experimental sem enumeração de tópicos (3.2) e o experimentador é remetido para o esquema do circuito anteriormente apresentado (3.3):

Dá-se a indicação para se deixar produzir cerca de 30 cm^3 de hidrogénio.

Não existe grande cuidado ao atribuir símbolos às grandezas utilizadas. Note-se o seguinte trecho:

“ Deixa-se passar a corrente até o gás (hidrogénio) que se produz junto do eléctrodo negativo ocupar na bureta respectiva um volume V igual à cerca de 30 cm^3 e toma-se nota do tempo t que durou a passagem da corrente.

Tomamos nota da temperatura t do ambiente e da pressão atmosférica H no momento em que se realiza a experiência.”

Como se pode constatar, o símbolo t é utilizado quer para simbolizar quer o tempo que durou a passagem da corrente, quer para simbolizar a temperatura ambiente.

Em termos de medições, são, de novo, apresentados todos os passos para obtenção das grandezas a medir e que cálculos efectuar (4.3):

“ Como a massa 1^{cm^3} de hidrogénio nas condições normais de pressão e temperatura é $\frac{1}{11200}$ gramas a massa mede $V_0^{cm^3}$ será:

$$m = \frac{1}{11200} \times V_0 . ”$$

“ Como o hidrogénio é monovalente e a sua massa atómica é 1 temos que:

$$i = \frac{m \cdot 96494}{t} . ”$$

Não é apresentado nenhum exemplo resolvido, nem nenhum questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 3:

Romariz, A. & Romariz,A, *Trabalhos Práticos de Física e Química 2º Ciclo: I Parte – Física* (1941), Editora Educação Nacional, Lda..

Antes de iniciar a descrição do trabalho prático (que compreende uma parte respeitante ao voltâmetro de cobre e outra respeitante ao voltâmetro de hidrogénio), é apresentada uma fundamentação teórica prévia dividida em três partes: 1º) *Generalidades*; 2º) *Leis da Electrólise (Leis de Faraday)* e 3º) *Aplicações* (1.2).

Em “*Generalidades*” definem-se os conceitos de electrólise e acções secundárias (1.1):

“ *Electrólise é a decomposição química, pela corrente eléctrica, de certos líquidos chamados electrólitos. (...)*

Acções secundárias (...) reacções químicas que se verificam entre os produtos da decomposição e a água ou os eléctrodos.”

Em “*Leis da Electrólise*”; apresentam-se as mesmas e define-se equivalente electroquímico (“*massa do ião libertado por um ampere num segundo*”); e apresenta-se a fórmula que será utilizada para determinar a intensidade de corrente, i , que passa nos eléctrodos (1.2):

$$m = eit$$

em que

m – massa do elemento libertado, expressa em gramas.

e – equivalente electro-químico.

i – intensidade da corrente, expressa em ampères.

t – tempo durante o qual passou a corrente, expresso em segundos.”

O tópico “*Aplicações*” expõe, resumidamente, o processo de galvanoplastia e o papel busca-pólos.

A parte respeitante ao voltâmetro de cobre é introduzida, de novo, com o título “*Generalidades*” que compreende um desenho deste tipo de voltâmetro (2.2) e se descrevemos seus constituintes (2.3):

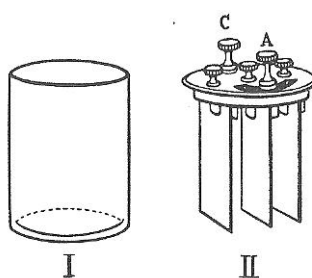


Figura 31. Desenho de um voltâmetro de cobre (manual 3)

“ Na tampa isoladora há cinco parafusos: os três não numerados servem para segurar os suportes das placas e os outros dois para entrada e saída da corrente. Solidário com o botão A há uma armadura metálica externa que liga as placas, de cobre, exteriores, à corrente e o botão C liga a corrente à placa média.

O botão C liga-se ao pólo positivo, servindo a placa média de catião, e o botão A ao pólo negativo, servindo as placas externas de anião.”

São indicadas as equações químicas para as acções electrolítica e secundária. Repare-se na notação utilizada para os iões na apresentação das equações químicas:



O “Princípio fundamental” remete para a aplicação das leis de Faraday referenciadas no início do trabalho prático (1.2).

No “*Método Operatório*” tem-se o cuidado de fazer uma enumeração prévia do material a utilizar (2.1):

“ elemento gerador de corrente, voltâmetro, galvanómetro, reóstato (caixa de resistências), interruptor e fio para ligações”

Em seguida, apresenta-se o esquema do circuito (3.3) e descreve-se o protocolo propriamente dito (3.2):

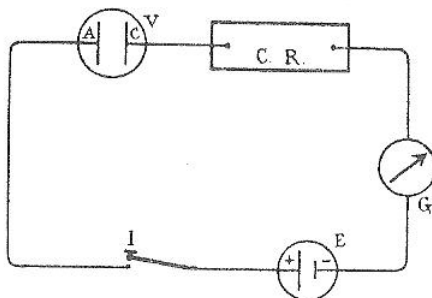


Figura 32. Esquema de montagem – voltímetro de cobre (manual 3)

Não existe legenda do esquema anterior.

Ao longo do protocolo vão sendo referidos outros cuidados a ter com o material utilizado (para além dos indicados em “Generalidades”) (2.3):

“ Limpe muito bem com lixa as placas de cobre do voltímetro, lave-as e passe-as por uma solução de ácido azótico diluído; lave-as novamente em água destilada.”

Por fim, no ponto 4º) Experiências, é exemplificado um registo de valores numéricos e respectivo tratamento de dados de forma a determinar a intensidade de corrente (5.1; 5.2) (há um erro: $t = 30$ minutos = 1800 segundos):

4.º) Experiências

Montado o circuito, e pela passagem da corrente eléctrica durante 30 minutos, verificou-se um aumento de 0,195 gramas no peso do cátodo.

$$m = e i t$$

$$m = 0,195 \text{ g}$$

$$e = 0,000 \text{ 328}$$

$$t = 30^m = 1800^s$$

$$i = \frac{0,195}{0,000 \text{ 328} \times 1800}$$

$$i = 0,330 \text{ ampères}$$

$$i = 330 \text{ miliampères}$$

Figura 33. Apresentação do item “Experiências” – voltímetro de cobre (manual 3)

A parte respeitante ao voltímetro de hidrogénio ou de Hoffmann segue o mesmo modelo de apresentação do voltímetro de cobre (1.2).

Notem-se as particularidades inerentes a este voltâmetro, por exemplo, o desenho ilustrativo (2.2):

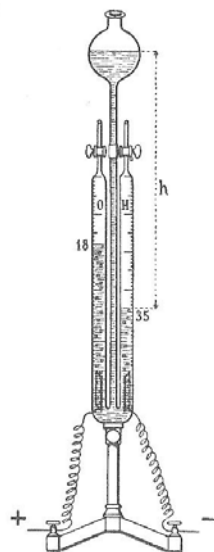


Figura 34. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio ou de Hoffmann (manual 3)

São também dadas indicações sobre o seu modo de funcionamento (2.3):

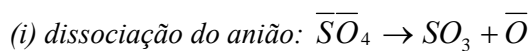
“O voltâmetro é carregado com uma solução de ácido sulfúrico a 15%”.

São apresentadas, de novo, as respectivas acções electrolítica e secundária com uma breve descrição das mesmas.

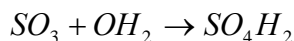
Transcrevem-se apenas as equações que traduzem essas acções:



Acção secundária:



(ii) *regeneração do ácido sulfúrico pelo anidrido sulfúrico, na presença da água:*



O “*Princípio fundamental*” remete para a aplicação das leis de Faraday referenciadas no início do trabalho prático.

O “*Método Operatório*” indica que o esquema a montar deve ser como o circuito do voltâmetro de cobre (3.3), mas com o voltâmetro de hidrogénio.

É, depois, feita uma descrição do protocolo experimental (3.2), ao longo do qual se vão indicando que grandezas medir e que cálculos efectuar (4.3). No final, apresenta mesmo um resumo desta mesma sugestão:

“ Resumindo:

a) *Redução da coluna de solução a centímetros de mercúrio:*

$$h_1 = \frac{d}{13,6} h.$$

d – densidade da solução, obtida pela balança de Mohr ou densímetros.

h – diferença de nível, em milímetros, entre o nível da solução no tubo de carga e no tubo onde se liberta hidrogénio.

b) *Tensão do hidrogénio na bureta:*

$$H' = H + h_1 - F.$$

H – pressão barométrica actual em milímetros de mercúrio.

F – tensão máxima do vapor de água, em milímetros de mercúrio, à temperatura ambiente.

c) *Redução do volume de hidrogénio às condições normais:*

$$V_o = \frac{273H'}{760(273 + t)} \times V.$$

H' – tensão do hidrogénio na bureta.

V – volume ocupado pelo hidrogénio na bureta.

t – temperatura ambiente.

d) *A intensidade da corrente será:*

$$i = \frac{V_o}{0,11648T}.$$

V_o – volume de hidrogénio libertado nas condições normais.

T – tempo durante o qual passou a corrente.”

Sob o título “*Experiências*”, é apresentado, na Figura 35, um exemplo de registo e tratamento de dados com valores numéricos, determinando-se a intensidade de corrente (5.1; 5.2).

4.º) Experiência

Operando com um voltâmetro de Hofmann, obtivemos os seguintes dados:

Densidade da solução empregada — $d = 1,1$
Altura da coluna de solução — $h = 400^{\text{mm}}$.
Temperatura ambiente — $t = 15^{\circ}\text{C}$.
Pressão atmosférica actual — $H = 765^{\text{mm}}$.
Volume de hidrogénio na bureta — $V = 35 \text{ cm}^3$.
Tempo em que passou a corrente — $T = 33^{\text{m}} 12^{\text{s}} = 1992^{\text{s}}$.
Tensão máxima do vapor de água a 15°C — $F = 12,67^{\text{mm}}$.

Reduzindo da coluna de solução a milímetros de mercúrio, obtemos:

$$h_1 = \frac{1,1 \times 400}{13,6}$$

$$h_1 = 32^{\text{mm}}.$$

A tensão do hidrogénio na bureta, será:

$$H' = 765 + 32 - 12,7$$

$$H' = 784,3^{\text{mm}}.$$

O volume de hidrogénio nas condições normais, será:

$$V_o = \frac{273 \times 784}{760 (273 + 15)} \times 35$$

$$V_o = 41,5 \text{ cm}^3.$$

A intensidade da corrente será:

$$i = \frac{41,5}{0,11648 \times 1992}$$

$$i = 0,18 \text{ ampéres.}$$

Figura 35. Apresentação do item “Experiências” – voltâmetro de hidrogénio (manual 3)

É apresentado um questionário final sobre questões directamente relacionadas com o trabalho prático (6.1), por exemplo: “*Porque usa no voltâmetro de hidrogénio uma solução acidulada?*”; e sobre aspectos mais teóricos (6.2), por exemplo: “*Enuncie as Leis de Faraday*”.

Manual 4:

Areal, A., *Novo Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1943), Editora Nacional.

Este trabalho divide-se em duas partes distintas: uma primeira parte referente ao voltâmetro de cobre (“*Trabalho 19*”) e uma segunda parte, referente ao voltâmetro de hidrogénio (“*Trabalho 20*”)

Na primeira parte, começa-se por apontar o que é um voltâmetro de cobre **(2.3)**:

“ O voltâmetro de cobre é formado por duas placas de cobre que mergulha num vaso de vidro que contém um soluto não saturado de sulfato de cobre, acidulado com ácido sulfúrico ”.

Tem-se o cuidado de explicar como se deve proceder para preparar a referida solução.

O autor refere o método de medição da intensidade de corrente com o voltâmetro de cobre, apresentando a expressão que relaciona a massa, m , de cobre libertada com a intensidade, I , da corrente **(1.2)** :

$$I = \frac{m}{0,0003286t} (\text{amperes})$$

Tem o cuidado de salientar que a constante 0,0003286 é o chamado “*equivalente electroquímico do cobre*”, isto é, “*a quantidade de cobre libertada por um coulomb*”

O protocolo experimental **(3.1)**, “*Maneira de proceder*”, inclui cuidados a ter no manuseamento do instrumento **(2.3)**:

“ Limpam-se os eléctrodos com lixa branca fina (não convém empregar lixa de esmeril), lavam-se em água corrente, e mergulham-se depois em água acidulada com ácido sulfúrico que eliminará o óxido que não tenha sido arrancado pela lixa ”.

O esquema de montagem apresentado **(3.3)** é muito semelhante ao do manual 2 (só difere na representação do elemento de pilha):

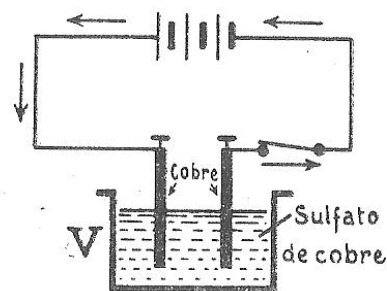


Figura 36. Esquema de montagem - voltímetro de cobre (manual 4)

No protocolo são, ainda dadas indicações de quais as medições a efectuar e como as representar e dá pistas acerca do intervalo de tempo que deve estar ligado o circuito (4.3):

“ 4) Passados uns 30 ou 40 minutos, abre-se o circuito e pára-se aos mesmo tempo o contador dos segundos.

5) Lê-se no contador dos segundos o tempo t durante o qual passou a corrente.”

É apresentado, no final, um “*Exemplo*” com um registo de observações com valores numéricos e cálculos efectuados para a determinação da intensidade da corrente (5.1; 5.2).

Registo das observações:

Prato esquerdo: Tara	
Prato direito: Cátodo +	
	+ 4,23 g
Tempo: 30 minutos	
Prato esquerdo: Tara	
Prato direito: Cátodo + co-	
	bre depositado + 3,93 g

Figura 37. Apresentação do registo das observações do item “*Exemplo*” – voltímetro de hidrogénio (manual 4)

Cálculos:

$$m = 4,23 - 3,93 = 0,30 \text{ g}$$

$$t = 30 \text{ m} = 30 \times 60 \text{ s}$$

$$I = \frac{m}{0,0003286 \text{ t}} = \frac{0,30}{0,0003286 \times 1800} =$$

$$= \frac{0,30}{0,59148} = 0,57 \text{ amperes}$$

Resultado: A intensidade da corrente é 0,57 amperes.

Figura 38. Apresentação dos cálculos do item “*Exemplo*” – voltímetro de hidrogénio (manual 4)

Há um questionário final sobre questões directamente relacionadas com o trabalho prático (6.1), por exemplo: “Quando uma corrente eléctrica atravessa uma solução de sulfato de cobre, sendo os eléctrodos de cobre, que observações observa no cátodo?”; e sobre aspectos mais teóricos (6.2), por exemplo: “Defina as unidades eléctricas designadas com o nome de ampere, coulomb e farad”..

Na segunda parte, apresenta-se o voltâmetro de hidrogénio (2.3):

“ O voltâmetro de hidrogénio ou voltâmetro de água é constituído por duas buretas ligadas a um tubo terminado em funil, tendo cada uma das buretas uma lâmina de platina junto do fundo.”

O método a utilizar para medição da intensidade da corrente é explicitado logo a seguir, acompanhado das respectivas expressões matemáticas devidamente legendadas (1.2). A intensidade da corrente determina-se medindo o gás libertado na electrólise de um soluto aquoso de ácido sulfúrico. Relaciona-se a intensidade média da corrente eléctrica que passa no voltâmetro, I , durante o tempo, t , em segundos, com a quantidade de hidrogénio que, a 0°C e 760 mmHg, ocupa o volume v_0 (cm³):

$$I = \frac{v_0}{0,1163t} (\text{amperes})$$

A constante 0,1163 diz respeito ao volume de hidrogénio correspondente ao equivalente electroquímico deste elemento.

O autor tem, ainda, nesta segunda parte, o cuidado de deduzir a fórmula que relaciona v_0 , com o volume de hidrogénio medido directamente no voltâmetro, v , a “temperatura do meio ambiente”, θ , a altura h que vai do nível do líquido na proveta B até ao nível do líquido no funil c, (ver Figura16), a pressão atmosférica, P , e a “tensão máxima, em milímetros de mercúrio, do vapor de água à temperatura do meio ambiente”, F :

$$v_0 = v \times \frac{273}{273 + \theta} \times \frac{P + 0,8h - F}{760}$$

A “Maneira de proceder” corresponde, como anteriormente, ao protocolo experimental (3.1). Neste manual, refere-se que a quantidade de ácido sulfúrico concentrado a deitar no funil c, deve ser “aproximadamente igual a 15% do peso da água introduzido no voltâmetro” e ilustra-se este tópico com o desenho do voltâmetro de hidrogénio (3.3):

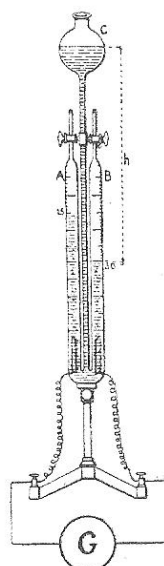


Figura 39. Desenho de um voltâmetro de hidrogénio (manual 4)

É dada a indicação para procurar na “*tabela das tensões máximas do vapor de água*”, que se encontra no final do manual, o valor correspondente à temperatura ambiente, θ (5.4):

Tempe- ratura	Tensão	Tempe- ratura	Tensão	Tempe- ratura	Tensão
0° C.	4,579 mm. Hg.	10° C.	9,210 mm. Hg.	20° C.	17,539 mm. Hg
1	4,926	11	9,845	21	18,655
2	5,294	12	10,519	22	19,832
3	5,685	13	11,233	23	21,074
4	6,101	14	11,989	24	22,388
5	6,543	15	12,790	25	23,768
6	7,014	16	13,637	26	25,217
7	7,514	17	14,533	27	26,747
8	8,046	18	15,480	28	28,358
9	8,610	19	16,481	29	30,052
10	9,210	20	17,539	30	31,834

Figura 40. Tabela informativa das tensões máximas do vapor de água (manual 4)

É também sugerido, no final, um “*Exemplo*”, à semelhança do voltâmetro de cobre (5.1; 5.2).

Nesta segunda parte, não existe nenhum questionário.

Manual 5:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1946), 6ª edição, Livraria Figueirinhas.

Este trabalho está descrito de forma muito semelhante ao do manual 2, mas são introduzidas algumas alterações que a seguir se mencionam.

É introduzida uma nota a definir o conceito de equivalente electroquímico (1.1):

“ Chama-se equivalente electroquímico dum elemento a massa do elemento libertada por um coulomb. Geralmente exprime-se em miligramas.

Equivalente electroquímico, em volume, dum elemento gasoso, é o volume do gás libertado por um coulomb. Geralmente exprime-se em centímetros cúbicos.”

É dada a indicação que, para o caso do sulfato de cobre:

“ (...) o equivalente electroquímico de cobre bivalente é 0^{mg}, 33 (...).”

São introduzidos “*Exemplos*” com valores numéricos e cálculos com os mesmos, tal como nos manuais 3 e 4 (5.1; 5.2); e remete-se o experimentador para a consulta de tabelas de constantes, sempre que necessário (5.4):

Equivalentes electroquímicos

(Massas libertadas pela corrente de 1 ampere em 1 segundo)

Cobre (Cu)	0,33mg	Hidrogénio	0,01045mg
Prata	1,118mg		0,1163cc.
Um ampere liberta em um 1 minuto aproximadamente 7cm ³ de hidrogénio e 10cm ³ ,5 de mistura explosiva (H ₂ + O) a 0º e 760mm.			

Figura 41. Tabela informativa dos equivalentes electroquímicos (manual 5)

A falta de cuidado na escolha de símbolos para representar as grandezas a medir ainda permanece:

“ O tempo t de duração da passagem da corrente foi portanto:

$t = 1800s.$ ”

E aparece, depois:

“ Tomamos nota da temperatura t do ambiente.”

Continua a não ser feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

4.1.4. Determinação da declinação e da inclinação terrestres

A declinação magnética terrestre num ponto da Terra é o ângulo que o meridiano magnético forma com o meridiano geográfico, no ponto considerado, sendo que o meridiano magnético num ponto é o plano vertical que contém o eixo magnético de uma agulha magnetizada suspensa livremente pelo centro de gravidade no ponto considerado.

A declinação magnética terrestre mede-se com a bússola de declinação que é formada por uma agulha magnetizada que se move livremente em volta de um eixo vertical sobre um círculo graduado horizontal. O círculo está graduado em graus e meios-graus a partir de 0 para a direita e para a esquerda.

Para medir a declinação magnética de um lugar deve-se instalar horizontalmente a bússola de declinação (afastada de quaisquer correntes eléctricas, ímanes ou massas magnéticas que possam exercer influência nela) e colocar-se a linha 0-180 da mesma, segundo a direcção do meridiano geográfico. Lê-se, então, o ângulo que a direcção da agulha faz com o meridiano geográfico. Se a ponta norte da agulha ficar para este, exprime-se em graus E; e se ficar para oeste, a declinação exprime-se em graus W (ver exemplo Figura 2).



Figura 42. Esquema de uma bússola (manual 5)

$$d = 19^{\circ}W;$$

A declinação magnética no lugar da experiência é $19^{\circ}W$

A segunda parte do trabalho prático compreende a determinação da inclinação terrestre.

A inclinação magnética terrestre num ponto é o ângulo que o eixo magnético de uma agulha livremente suspensa pelo centro de gravidade faz com o plano horizontal. A inclinação magnética terrestre mede-se com a bússola de inclinação que é constituída por uma agulha magnetizada que se move, em frente de um círculo ou semi-círculo graduado vertical, em torno de um eixo perpendicular à agulha e ao plano do círculo. O instrumento é móvel em volta de um eixo vertical e os deslocamentos do plano do círculo graduado podem ser medidos sobre um limbo horizontal.

Para medir a inclinação magnética de um lugar, instala-se a bússola (afastada dos objectos referidos anteriormente), de tal modo que o eixo de rotação fique horizontal e o plano de oscilação da agulha fique paralelo ao plano do círculo graduado. Roda-se o instrumento até que a agulha fique vertical (nesta posição, o plano do círculo vertical é perpendicular ao plano do meridiano magnético).

Imprime-se, em seguida, uma rotação de 90° ao instrumento para a direita e outra para a esquerda e, em cada uma das posições, lêem-se os ângulos formados pela agulha com a horizontal. A média das duas leituras é o valor mais provável da inclinação magnética.

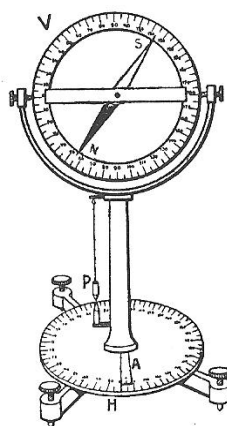


Figura 43. Desenho de uma bússola de inclinação magnética (manual 5)

Manual 1:

Ferreira, H. A., *Trabalhos Práticos de Física* (1936), Livraria Sá da Costa

Este manual separa este trabalho em duas partes distintas:

“39. Declinação magnética terrestre” e “40. Inclinação magnética terrestre”.

Na parte referentes à declinação magnética, começa-se por definir os conceitos mais importantes subjacentes à mesma, por exemplo, declinação magnética e meridiano magnético **(1.1)**:

“ A declinação magnética terrestre num ponto da Terra é o ângulo do meridiano magnético com o meridiano geográfico, no ponto considerado. O meridiano magnético num ponto é o plano vertical que contém o eixo magnético de uma agulha magnetizada livremente suspensa pelo centro de gravidade no ponto considerado. A declinação exprime-se em graus E ou em graus W conforme a ponta norte da agulha fica para leste ou para oeste do norte geográfico.”

Segue-se a apresentação, sem esquema, do instrumento que permite medir a declinação magnética **(2.3)**:

“ (...) a bússola magnética, constituída por uma agulha magnetizada móvel sobre um círculo graduado horizontal e atravessada no centro de gravidade por um eixo perpendicular à agulha e ao plano do círculo. O círculo está graduado em graus ou meios-graus a partir de 0 para a direita e para a esquerda;”

Acrescenta, ainda, a seguinte informação:

“ (...) e na caixa que o contém (o círculo graduado) não há ferro ou níquel. Ligado à caixa há um nível de bolha e um visor, que pode ser um pequeno óculo ou outro aparelho mais simples. O eixo do visor é paralelo à linha 0-180 da graduação.”

É referido o cuidado em instalar a bússola fora de “*quaisquer campos magnéticos artificiais, e longe de massas metálicas que possam exercer influência nela*” **(2.3)**.

Apresenta-se, depois, o protocolo experimental **(3.2)**, sem, contudo, se utilizar qualquer esquema ilustrativo da bússola, o que pode dificultar a compreensão do mesmo:

“Para medir a declinação magnética começa-se por nivelar cuidadosamente a bússola, o que torna vertical o eixo de rotação da agulha. Faz-se depois uma pontaria, por meio de um visor, para um ponto P cujo desvio azimutal, d, em relação ao meridiano geográfico é conhecido; e lê-se na posição

a da agulha na graduação. Considerando positivos os ângulos (declinações e desvios) para leste ou para a direita do zero da graduação, e negativos os ângulos para o outro lado, a declinação magnética é

$$\delta = a + d .''$$

Termina-se, esta parte, com um “*Exemplo*” na determinação desta grandeza em estudo (5.1; 5.2):

“*Exemplo*”:

<i>Desvio azimutal do ponto visado.....</i>	
<i>Leitura da bússola</i>	<i>+ 8°,7</i>
<i>Declinação.....</i>	<i>– 22,5</i>
	<i>–13,8</i>

Resultado. A declinação magnética no lugar da experiência é de 13°,8 W.

Logo no início do trabalho “ **40. Inclinação magnética terrestre**”, define-se o conceito de inclinação magnética terrestre:

“ A inclinação magnética terrestre num ponto é o ângulo do campo magnético da Terra com a sua componente horizontal no ponto considerado. E é o ângulo que o eixo magnético de uma agulha livremente suspensa pelo centro de gravidade faz com um plano horizontal. No nosso hemisfério o pólo N da agulha fica abaixo do horizonte.”

Dá-se a indicação que esta grandeza se mede com uma bússola de declinação e explica-se sucintamente o seu princípio de funcionamento, sendo que algumas destas bússolas de inclinação têm uma agulha auxiliar de declinação para se poder orientar facilmente o plano da agulha segundo o meridiano magnético (2.3). Neste seguimento, o autor tem a preocupação de referir que o eixo de rotação do instrumento deve ser vertical e que, se bússola não tiver um nível próprio, o nivelamento se deve fazer recorrendo a um nível de bolha de ar, colocado sobre o instrumento. Note-se, também, que o plano de oscilação da agulha deve ser paralelo ao plano do círculo graduado. Fazendo oscilar a agulha, verifica-se se ela se mantém, durante o movimento, igualmente afastada da superfície do círculo (2.3).

Na parte respeitante ao protocolo experimental (3.1), o manual aponta três modos diferentes de proceder à medição da inclinação magnética terrestre:

(A) Se a agulha tiver agulha de declinação (...);

(B) Se a agulha não tiver agulha de declinação (...);

(C) Se a bússola não tiver agulha de inclinação, fixa-se o limbo horizontal numa posição qualquer, e lêem-se as duas pontas da agulha; inverte-se esta, face com dorso, e lê-se novamente; dá-se ao círculo graduado uma rotação de 180 graus, e lê-se; inverte-se a agulha face com dorso, e lê-se novamente; seja i'' a média de todas estas leituras; roda-se com o círculo graduado de 90 graus para cada lado, e em cada uma das posições lêem-se as duas pontas da agulha, primeiro com a agulha na posição em que estiver, e depois tendo-a invertido face com dorso; seja i'' a média desta segunda série de leituras; o valor i da inclinação magnética é dado pela expressão:

$$\cot g^2 i = \cot g^2 i' + \cot g^2 i''$$

Neste último método, como se pode constatar, é apresentada uma expressão matemática que permite chegar ao resultado pretendido.

Em cada uma das alíneas anteriores, é chamada a atenção para a necessidade de efectuar uma série de leituras e tomar a média destas, como o valor mais provável a ter em conta (4.1).

Para cada uma das alíneas anteriores, é indicado um “Exemplo”, com valores numéricos concretos e respectivos cálculo. A título exemplificativo, transcreve-se o exemplo para a alínea C) (5.1; 5.2):

Exemplo:

LEITURAS					
i'	70,8	56,4	58,8	64,8	Média... $i' = 62^{\circ},7$
	70,3	56,8	59,1	64,4	
i''	67,7	67,9	65,8	65,6	Média... $i'' = 66^{\circ},3$
	67,8	63,2	65,8	65,7	

$\cot g i' = 0,5162; \quad \cot g i'' = 0,4590$
 $\cot g^2 i = \cot g^2 i' + \cot g^2 i'' = 0,45918$
 $i = 55^{\circ},9$

Figura 44. Apresentação do item “Exemplo” (manual 1)

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 2:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1937), Livraria Simões Lopes.

Este manual divide o trabalho também em duas partes: “*Determinação da declinação magnética de um lugar. Bússola de inclinação.*”; e “*Determinação da inclinação magnética de um lugar. Bússola de inclinação*”.

O primeiro ponto, respeitante à primeira parte do trabalho, compreende a descrição de uma bússola de declinação (2.3):

“ *Esta bússola é formada por uma agulha que se move livremente, em volta de um eixo vertical, sobre um círculo horizontal graduado.* ”

E cuidados a ter com esta última (e repetido, depois, para a bússola de inclinação (4.3):

“ *(...) Devemos colocar a bússola afastada de correntes eléctricas, magnetes ou peças metálicas, que exerceriam influência sobre a agulha da bússola.* ”

Segue-se, muito sucintamente, a descrição do protocolo experimental (3.2), no seguimento da qual se define declinação magnética (1.1):

“*O ângulo que faz a direcção da agulha com essa linha, dá-nos o valor da declinação do lugar.*”

É apresentado um desenho de uma bússola e faz-se, depois, a leitura da respectiva declinação (5.1; 5.2):

“ *No exemplo apresentado na figura, a declinação é ocidental e tem aproximadamente o valor de 20º.* ”

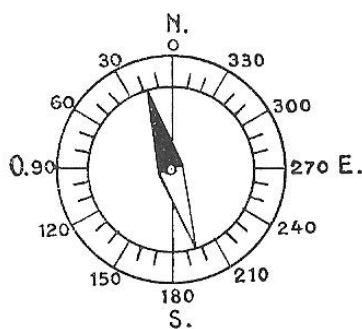


Figura 45. Esquema de uma bússola (manual 2)

A apresentação da segunda parte do trabalho é muito semelhante à anterior (3.2), mas, agora, para a inclinação magnética. É descrita a bússola de inclinação (2.3):

“ Esta bússola é formada por uma agulha magnética susceptível de girar em volta de um eixo horizontal fixo a um suporte. Uma das extremidades desloca-se em frente a um quadrante graduado.”

Existe um desenho de uma bússola de inclinação acompanhada com a respectiva leitura (5.1; 5.2):

No exemplo apresentado na Figura 46, a inclinação tem aproximadamente o valor de 60° .

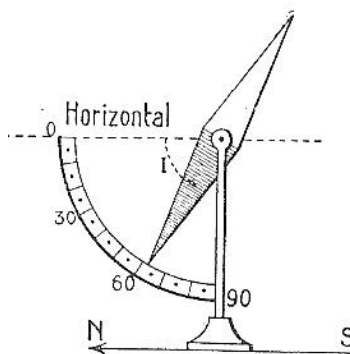


Figura 46. Desenho de uma bússola de inclinação magnética (manual 2)

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 3:

Romariz, A. & Romariz, A, *Trabalhos Práticos de Física e Química 2º Ciclo: I Parte – Física* (1941), Editora Educação Nacional, Lda..

Antes de iniciar a descrição do trabalho prático de cada uma das partes, é apresentada uma fundamentação teórica prévia dividida em três tópicos: 1º) *Generalidades*; 2º) *Determinação da meridiana geográfica, para a primeira parte, e Bússola de inclinação magnética, para a segunda parte*; e 3º) *Declinação ou inclinação magnética*, conforme o tópico.

Na parte inicial, “*Generalidades*” da declinação magnética, define-se o que é uma agulha magnética e pólos de um magnete (2.1):

“ (...) magnete artificial com forma de rombo, que pode girar livremente em torno de um eixo normal ao seu plano.”

É referido também que:

“ (...) para fácil reconhecimento, se costuma pintar de azul a metade da agulha correspondente ao pólo norte, e a outra metade com cor cinzenta do ferro.” (2.3)

O autor começa, depois, por afirmar que a Terra se pode considerar como um grande magnete e que a agulha magnética orienta o seu pólo norte para o norte geográfico e o seu pólo sul para o sul geográfico. Designa por meridiana magnética de um lugar à direcção que a linha Norte-Sul da agulha toma nesse lugar e meridiana geográfica, à linha que passa pelo lugar que une os pólos geográficos (extremidades do eixo da Terra).

Após este preâmbulo, define, então, declinação magnética **(1.1)**:

“ Chama-se declinação magnética de um lugar ao ângulo formado pelas meridianas magnética e geográfica de um lugar.

Define, ainda, o conceito de linhas isógonas, como sendo linhas que unem os pontos da Terra com a mesma declinação magnética, considerando-as verdadeiras meridianas magnéticas que não coincidem com as meridianas geográficas nem apresentam regularidade geométrica.

Em seguida, descreve sucintamente o modo de funcionamento da bússola de declinação **(2.3)**:

“ A bússola magnética consiste numa agulha magnética que pode mover-se livremente num plano horizontal (em torno de um eixo vertical) sobre um disco cujo contorno está dividido de 0° a 360°.”

Este manual tem a particularidade de dedicar um tópico à parte, para determinação da meridiana geográfica. Segundo o autor, sendo o seu conhecimento indispensável à determinação da declinação magnética, a mesma encontra-se marcada nos laboratórios de Física. Para o caso de isso não se verificar, são indicados dois processos para a determinar: a) processo do gnómon; b) processo do relógio. Dado seu carácter inovador relativamente aos restantes manuais, transcrevem-se a seguir os mesmos.

a) processo do gnómon (3.3):

“ O gnómon consta de uma haste vertical \overline{OG} montada sobre um plano horizontal H . ”

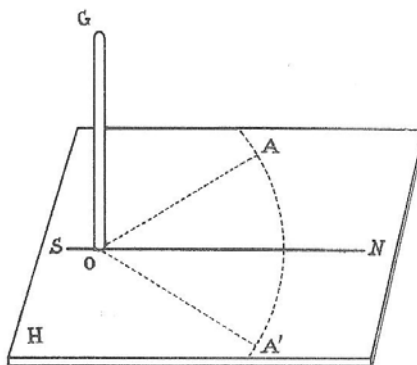


Figura 47. Esquema para a determinação da meridiana geográfica: processo do gnómon (manual 3)

“ Como no nosso país o Sol se encontra sempre para sul, a sombra projectada pelos corpos dirige-se para norte; ao meio-dia verdadeiro, o Sol encontra-se no plano da meridiana geográfica do lugar, projectando todos os corpos a sua menos sombra, e a sua extremidade indica-nos o norte geográfico. Para usar o gnómon basta colocá-lo ao Sol antes do meio-dia verdadeiro e descrever um arco com centro em O e com raio \overline{OA} igual ao comprimento da sombra.

Quando a sombra do gnómon tocar novamente o arco descrito, marcar o ponto A' sobre o arco; a bissetriz do arco AA' será a direcção da meridiana geográfica. ”

O autor refere que este processo é demorado e, por isso, apresenta o processo do relógio, “*menos rigoroso, mas mais expedito*”.

b) Processo do relógio

“ Coloca-se o mostrador de um relógio horizontalmente e dirige-se para o Sol o ponteiro das horas. A bissetriz do ângulo formado pelo ponteiro das horas com a direcção do meio-dia do mostrador, indica-nos sensivelmente o sul geográfico. A bissetriz será, pois, a direcção da meridiana geográfica do lugar. ”

Só depois da descrição destes métodos, é que se passa para o procedimento experimental da declinação magnética propriamente dita (3.2) que, praticamente, não difere de outros manuais analisados. Um dos poucos aspectos em que é distinto é no esquema utilizado para a sua ilustração (3.3):

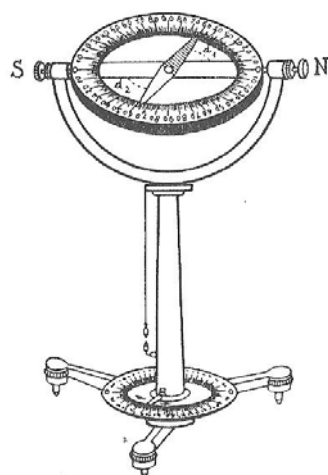


Figura 48. Esquema para a determinação da meridiana geográfica:: processo do relógio (manual 3)

Outro pormenor digno de nota é o facto de o autor sugerir que se façam as leituras dos ângulos d_1 e d_2 , na figura anterior, e se obtenha a sua média, por forma a evitar erros de excentricidade e eixo vertical da agulha e centro da graduação do limbo graduado (4.1).

A declinação será oriental ou ocidental conforme o pólo norte da agulha magnética ficar para este ou oeste da linha $0^\circ-0^\circ$.

Por fim, apresenta o tópico “*Experiência*”, que consiste no registo de dados numéricos e consequente determinação da declinação magnética.

Experiência

$$d_1 = 13^\circ$$

$$d_2 = 13^\circ 30'$$

A declinação será:

$$d = \frac{13^\circ + 13^\circ 30'}{2}$$

$$d = 13^\circ 15' O$$

Na segunda parte do trabalho prático, “*Determinação da inclinação magnética*”, o modelo de apresentação é muito semelhante ao da primeira.

Na parte “*Generalidades*”, define-se inclinação magnética dum lugar, como sendo o ângulo formado pelo eixo da agulha magnética com a horizontal do lugar quando a agulha se desloca livremente no plano do meridiano magnético do lugar (1.1).

O autor refere também:

“ A inclinação magnética é devida às acções de atracção e repulsão magnéticas que a terra exerce sobre a agulha magnética. Assim no hemisfério norte, o pólo sul magnético (pólo norte geográfico) atrairá o pólo norte da agulha magnética; no hemisfério sul dar-se-ia o inverso. No equador magnético a agulha magnética tomaria a posição horizontal e nos pólos magnéticos a posição vertical, ficando o pólo da agulha de nome contrário para baixo.”

Introduz, em seguida, o conceito de linhas isóclinas, linhas que unem os lugares da Terra com a mesma inclinação magnética; estas linhas são verdadeiramente paralelos que não coincidem com os geográficos nem apresentam regularidade geométrica.

No segundo ponto, “*Bússola de inclinação magnética*”, o autor refere que algumas bússolas de declinação magnética podem girar em torno de um eixo permitindo dar verticalidade ao limbo graduado, transformando-se, desta forma, em bússolas de inclinação magnética, com a vantagem de permitirem a correcção devida à excentricidade do eixo da agulha e centro de graduação do limbo (2.3).

No terceiro ponto, apresentam-se dois processos experimentais: um com o limbo horizontal e o outro com o limbo vertical (3.2; 3.3)

1º processo:

“ Tendo o limbo horizontal, coloca-se a linha 0°-0° a coincidir com o eixo da agulha; torna-se o limbo vertical fazendo-o rodar em torno da linha 0°-0°. Nestas circunstâncias sabemos que o limbo se encontra no plano da meridiana magnética (Figura 34).”

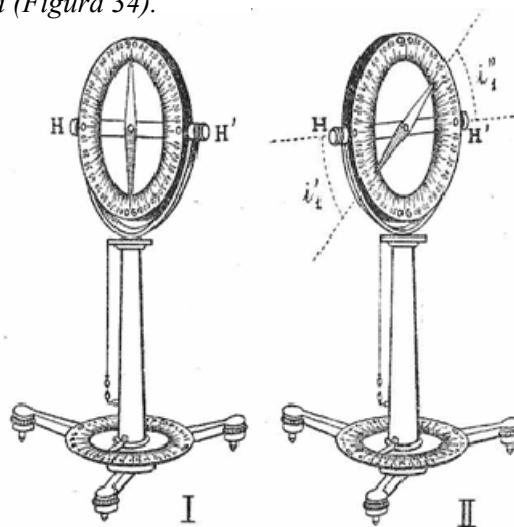


Figura 49. Esquema para a medição da inclinação magnética utilizando uma bússola de declinação magnética (manual 3)

Seguem-se as expressões que permitem determinar o ângulo i em estudo, que traduz a variação local da projecção da direcção do campo magnético terrestre (4.3):

“ Lêem-se os ângulos formados pela agulha com a horizontal e toma-se a medida:

$$i_1 = \frac{i_1' + i_1''}{2}$$

Dando ao limbo uma rotação de 180° tornamos a fazer novas leituras:

$$i_2 = \frac{i_2' + i_2''}{2}$$

O valor da inclinação magnética será a média das duas medidas encontradas:

$$i = \frac{i_1 + i_2}{2} .”$$

2º processo:

“ Tendo o limbo vertical (por não ser possível colocá-lo na horizontal) procura-se a posição em que a agulha magnética fica vertical; o plano do limbo será, nesta posição, normal ao plano da meridiana magnética. Dá-se ao limbo uma rotação de 90° para a direita e para a esquerda da posição normal da agulha e procede-se como no caso anterior.”

No fim, repete-se o item “*Experiência*”, com um exemplo que recorre a valores numéricos e cálculos (5.1; 5.2):

	i'	i''	Média
1.ª Experiência	63°	62°,5	$i_1=62,75$
2.ª Experiência	62,5	62°	$i_2=62,25$

Figura 50. Apresentação do item “*Experiência*”- tabela de registo de dados (manual 3)

$$i = \frac{62,75 + 62,25}{2}$$

$$i = 62^{\circ}30'$$

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

É apresentado um questionário final do qual constam questões sobre aspectos técnicos (6.1) e práticos (6.2) do trabalho; a título de exemplo, apresentam-se as seguintes, respectivamente:

“ - Explique a razão porque, na bússola de declinação, a agulha fica vertical, quando o limbo se encontra normal ao plano da meridiana magnética.

- Que é uma agulha magnética?”

Manual 4:

Areal, A., *Novo Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1943), Editora Nacional.

Na primeira parte deste trabalho, a parte sobre declinação magnética, começa-se por definir o que é a declinação magnética, meridiano magnético (1.1):

“ **184. A declinação magnética terrestre** num ponto da Terra é o ângulo que o meridiano magnético forma com o meridiano geográfico, no ponto considerado.

185. O meridiano magnético num ponto é o plano vertical que contém o eixo magnético de uma agulha magnetizada suspensa livremente pelo centro de gravidade no ponto considerado.”

Em seguida, refere-se como se pretende medir a declinação magnética (1.2) e em que consiste o funcionamento do instrumento a utilizar para tal (2.3):

“ **186. A declinação magnética terrestre mede-se com a bússola de declinação** que é formada por uma agulha magnetizada que se move livremente em volta de um eixo vertical sobre um círculo graduado horizontal. O círculo está graduado em graus e meios-graus a partir de 0 para a direita e para a esquerda.”

O protocolo experimental é apresentado sob o título de “*Maneira de proceder*” e é muito semelhante ao apresentado nos outros manuais, à excepção de estar dividido por alíneas (3.1).

Para finalizar, existe o item “*Exemplo*” que inclui um esquema (desenho da bússola) e registo de dados numéricos (5.1; 5.2):



Figura 51. Esquema de uma bússola (manual 5)

Registo das observações: $d = 19^\circ W$

Resultado: A declinação magnética no lugar da experiência é $19^\circ W$.

Na segunda parte deste trabalho, a parte sobre inclinação magnética, começa-se por definir o que é a inclinação magnética (1.1):

*“ 188. A **inclinação magnética terrestre** num ponto é o ângulo que o eixo magnético de uma agulha livremente suspensa pelo centro de gravidade faz com o plano horizontal.”*

Em seguida, refere-se como se pretende medir a inclinação magnética (1.2) e em que consiste o funcionamento do instrumento a utilizar para tal (2.3):

*“ 189. A **inclinação magnética terrestre** mede-se com a **bússola de inclinação** que é constituída por uma agulha magnetizada que se move, em frente de um círculo ou semi-círculo graduado vertical, em torno de um eixo perpendicular à agulha e ao plano do círculo. Todo o instrumento é móvel em volta de um eixo vertical e os deslocamentos do plano do círculo graduado podem ser medidos sobre um limbo horizontal.”*

O protocolo experimental é apresentado sob o título de “*Maneira de proceder*” e é muito semelhante ao apresentado na outra parte do trabalho (3.2).

Para o caso da determinação da inclinação magnética terrestre, além de se referir o cuidado inicial em afastar a bússola de quaisquer correntes eléctricas, magnetes e massas metálicas que sobre ela possam exercer influência (4.3), reforça-se a ideia que o eixo de rotação deve, neste caso, ficar horizontal e que o plano de oscilação da agulha deve ser paralelo ao plano do círculo graduado. O instrumento deve ser rodado até que a agulha fique vertical; e, nesta posição, o plano do círculo vertical é perpendicular ao plano do meridiano magnético.

Deve-se, em seguida, dar uma rotação de 90° ao instrumento para a direita e outra para a esquerda, e, em cada uma das posições, lêem-se os ângulos formados pela agulha com a horizontal.

Para finalizar, existe o item “*Exemplo*” que inclui um esquema (desenho de uma bússola em duas posições diferentes) e registo de dados numéricos (5.1; 5.2):

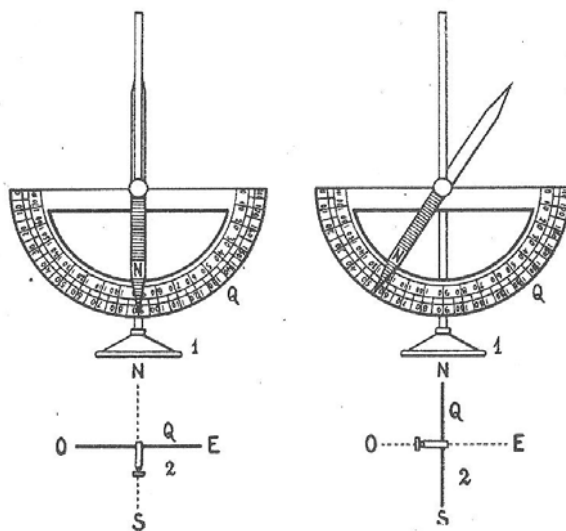


Figura 52. Apresentação do item “*Exemplo*” - bússola de declinação magnética (manual 5)

Registo das observações:

$$i' = 59,7^\circ$$

$$i'' = 61,9^\circ$$

$$\text{Média : } i = \frac{59,7 + 61,9}{2} = 60,8^\circ$$

Resultado: A inclinação magnética no lugar e na ocasião da experiência era 60,8°.

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

É apresentado um questionário que compreende questões relacionadas com as definições prévias apresentadas no início do trabalho (62.), por exemplo:

“ - Relativamente a um dado lugar, defina meridiano magnético;”

E restantes mais relacionadas com aspectos práticos do trabalho (6.1), por exemplo:

“ - Nas medições com bússolas, por que deve instalá-las afastadas de correntes eléctricas, de magnetes ou de massas metálicas?”

Manual 5:

Prudente, N., *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu* (1946), 6ª edição, Livraria Figueirinhas.

Este trabalho está descrito de forma muito semelhante ao do manual 2, mas são introduzidas algumas alterações, nomeadamente, no que diz respeito à introdução de novas figuras, semelhantes às do manual 4, na parte da inclinação magnética:

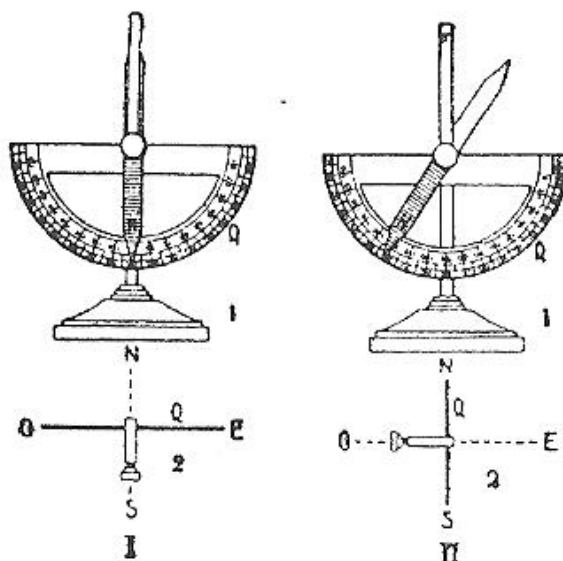


Figura 53. Desenhos de bússola de declinação magnética (manual 5)

Apresenta, em seguida, um novo exemplo em que o valor da inclinação é “aproximadamente 60º”:

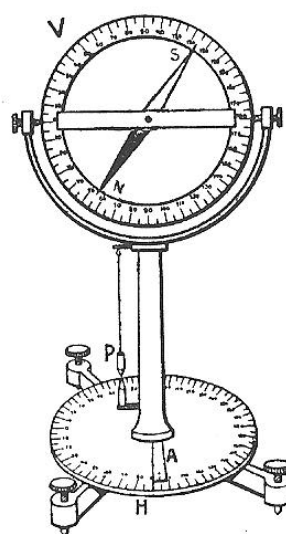


Figura 54. Bússola de inclinação magnética: exemplo de utilização (manual 5)

O autor acrescenta uma nota técnica acerca das bússolas, referindo que em certos modelos mais aperfeiçoados de bússolas de inclinação, a nivelção da base faz-se por meio de três parafusos até que a ponta do prumo P coincida com a ponta duma pequena haste que se encontra por debaixo do mesmo.

4.2. Trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo: amostra B (1948-1954)

Os trabalhos práticos seguintes pertencem à lista de trabalhos práticos referentes aos manuais da amostra B:

5. *Resistência de um condutor: ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor.*
6. *Comparação de forças electromotrizes: método do potenciômetro.*
7. *Determinação da potência consumida por lâmpadas de incandescência.*

Em seguida, vai-se analisar de que forma cada um destes três trabalhos práticos é descrito nos vários manuais de acordo com os critérios estabelecidos.

4.2.1. Resistência de um condutor: ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor

Neste trabalho pretende-se medir a resistência eléctrica de um condutor, recorrendo à ponte de Wheatstone e à ponte de fio e cursor.

A ponte de Wheatstone é um dispositivo que consiste numa associação de resistências, das quais o valor de uma delas é desconhecida (resistência X), com mais três resistências R_1 , R_2 e R_3 (sendo que se considera que R_3 faz parte de uma caixa de resistências), formando um circuito fechado ABCD (Figura 55).

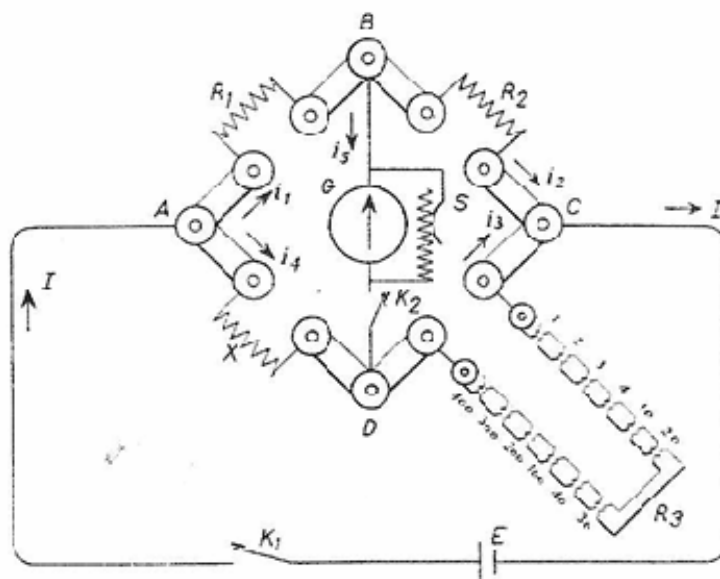


Figura 55. Esquema de montagem da ponte de Wheatstone (manual 7)

Entre os vértices A e C intercala-se um gerador de corrente e, entre B e D, um galvanómetro. Note-se que, na figura acima, K_1 e K_2 são interruptores. Fechando os interruptores, o galvanómetro acusa a passagem da corrente i_5 que se estabelece entre B e D. Se as resistências forem tais que o galvanómetro não accuse passagem de corrente ($i_5 = 0$), a ponte diz-se equilibrada e demonstra-se que as quatro resistências satisfazem a condição:

$$R_1 \cdot R_3 = X \cdot R_2$$

Uma vez que R_1 e R_2 são duas resistências conhecidas (chamadas de braço de proporção) que se fixam numa relação R_1/R_2 pretendida, e R_3 é uma resistência (resistência de comparação) que se tira de um caixa de resistências e se faz variar até a ponte estar equilibrada, é possível determinar o valor da resistência desconhecida, X :

$$X = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

O outro método indicado na legislação referente aos manuais da amostra B, para determinação do valor de uma resistência, é o método da ponte de fio e cursor. Este método é muito semelhante ao da determinação de uma resistência pela ponte de Wheatstone, uma vez que a ponte de fio e cursor é uma ponte de Wheatstone em que as resistências R_1 e R_2 dos braços de proporção são substituídas por um fio (reocórdio) de comprimento $\overline{A_1B_1}$, de resistividade e secção S constantes, sobre o qual se coloca um cursor D (Figura 56).

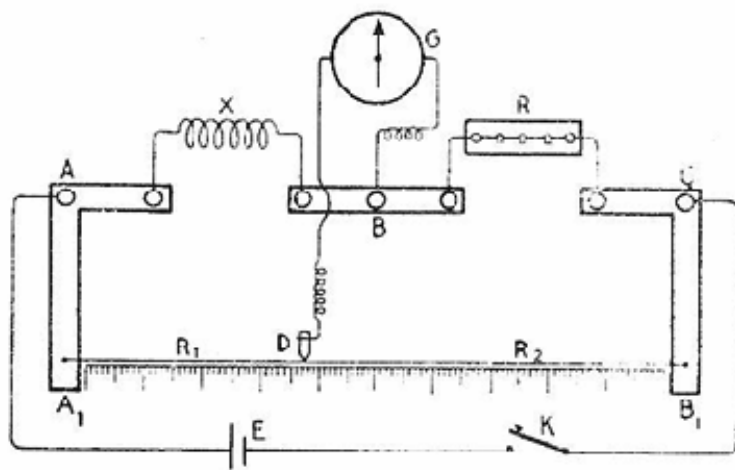


Figura 56. Esquema de montagem da ponte de fio e cursor (manual 7)

O valor da resistência desconhecida, X , será dado pela expressão:

$$X = \frac{L_1}{L_2} R$$

Note-se que R é a resistência de comparação conhecido indicado na caixa de resistências; L_1 e L_2 são os comprimentos das duas partes do fio separadas pelo cursor, ou seja, respectivamente, $\overline{A_1D}$ e $\overline{DB_1}$.

Deve-se fixar a resistência R e fazer-se variar a razão $\frac{L_1}{L_2}$, deslocando o cursor sobre o fio até a ponte estar equilibrada.

Manual 6:

Seixas, A. & Seixas, R., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu* (entrada na Biblioteca do Porto: 1950), Livraria Simões Lopes

No manual 6, antes da apresentação do trabalho prático propriamente dito que está dividido em duas partes (ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor), faz-se uma breve menção a algumas regras que é necessário ter presentes na realização de medições eléctricas e de generalidades sobre aparelhos de medidas eléctricas (galvanómetros e voltímetros). Estas indicações prévias, à semelhança no que acontece nalguns manuais da amostra A que adoptam esta metodologia, reúnem-se sob o título “*Medições eléctricas e aparelhos de medida*”. A única diferença relevante relativamente ao

conteúdo deste tópico relativamente aos manuais da amostra A é a descrição mais pormenorizada do shunt (como “auxiliar” dos aparelhos de medida):

A Figura 57 indica a maneira de colocar um shunt, S , num aparelho, G , de medida da intensidade de uma corrente:

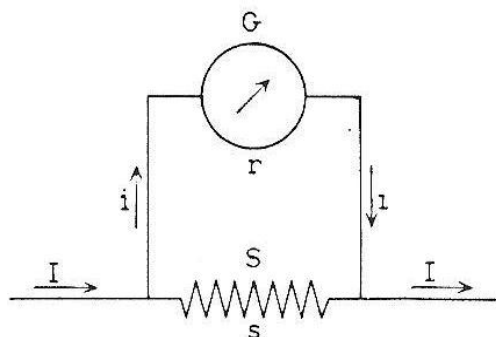


Figura 57. Esquema de montagem de um shunt com um galvanómetro (manual 6)

O valor de I , conhecidas as resistências, r , do aparelho, e, s , do shunt, é dado pela expressão:

$$\frac{I}{i} = 1 + \frac{r}{s}$$

O autor refere que as casas construtoras destes aparelhos costumam apresentá-los munidos de três shunts, juntos ou separados, que têm resistências iguais a $1/9$, $1/99$ e $1/999$ da resistência própria do aparelho de medida. Para ampliar a graduação de um voltímetro, junta-se à sua resistência própria, r , uma resistência, R , colocada em série, como está indicado na Figura 58:

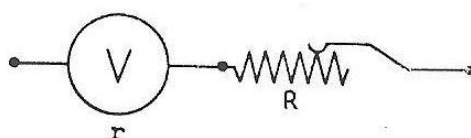


Figura 58. Esquema de montagem de um voltímetro com uma resistência exterior (manual 6)

A expressão da diferença de potencial, V , a medir, entre dois pontos, é dada pela expressão:

$$\frac{V}{v} = 1 + \frac{R}{r}$$

Depois desta introdução prévia, começa-se então a descrição das duas partes do trabalho: determinação da resistência do condutor através do método da ponte de Wheatstone e, em seguida, pelo método da ponte fio e cursor. A estrutura de apresentação dos dois métodos é semelhante, pelo que só se referirá os aspectos mais relevantes de cada um deles, tendo em vista os critérios de análise.

No tópico “*Princípio do método*”, descreve-se, sinteticamente, o fundamento em que assenta a determinação da resistência de um condutor pela ponte de Wheatstone e pela ponte de fio e cursor (1.2), muito semelhante à descrição do trabalho efectuada antes da análise deste manual.

Em seguida, na descrição do método da ponte de Wheatstone, são referidos os termos “braços da proporção” e “resistência de comparação”:

“Procede-se de maneira que duas resistências contíguas, chamadas braços da proporção, sejam iguais, ou estejam entre si numa relação conhecida. Na prática, estas resistências são constituídas por bobinas de 10, 100 e 1000 ohms de resistência, e trabalha-se de maneira que a relação entre os braços da proporção esteja compreendida entre 10-2 e 102. A terceira resistência, chamada resistência de comparação, é uma caixa de resistências com fracção do ohm.”

Existe uma lista do material necessário à realização da experiência (2.1) antes do tópico “*Modo de proceder*”:

“Material necessário – pilha ou acumulador; galvanómetro com shunt; duas caixas de resistências iguais ou duas resistências graduadas, da ordem de grandeza a medir; uma caixa de resistências que tenha fracções do ohm; resistência a medir; dois interruptores; fios.”

Segue-se o protocolo experimental, em “*Modo de Proceder*” (3.1), acompanhado do respectivo esquema de montagem (3.3) e da indicação dos cálculos a realizar para a determinação do valor da resistência desconhecida (4.3):

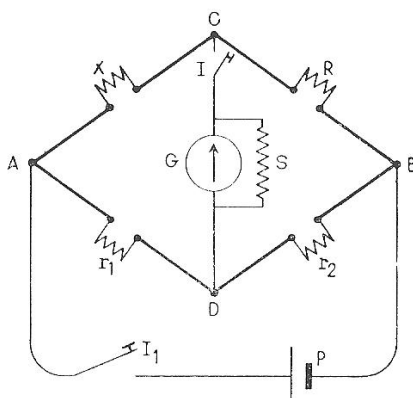


Figura 59. Esquema de montagem experimental da ponte de Wheatstone (manual 6)

Existem, ainda, indicações acerca da sensibilidade da montagem (4.1):

“ A sensibilidade da ponte de Wheatstone é máxima quando as quatro resistências forem da mesma ordem de grandeza”.

No final, é apresentado um “Exemplo Prático” que consiste num exercício resolvido com valores numéricos (5.1; 5.2):

Determinação de um valor aproximado da resistência.

a) *Registo das observações :*

Resistência de $S = 1/99$.

$$r_1 = r_2 = 100 \text{ ohms}$$

$$R = 9,7 \text{ ohms.}$$

b) *Cálculo :*

$$X = \frac{100}{100} \times 9,7 = 9,7 \text{ ohms.}$$

c) *Resultado :* O valor aproximado da resistência, é 9,7 ohms.

Figura 60. Apresentação do item “Exemplo” – ponte de Wheatstone (manual 6)

Na segunda parte do trabalho, método da ponte do fio e cursor, apresenta-se, de novo, uma introdução com esquema de montagem:

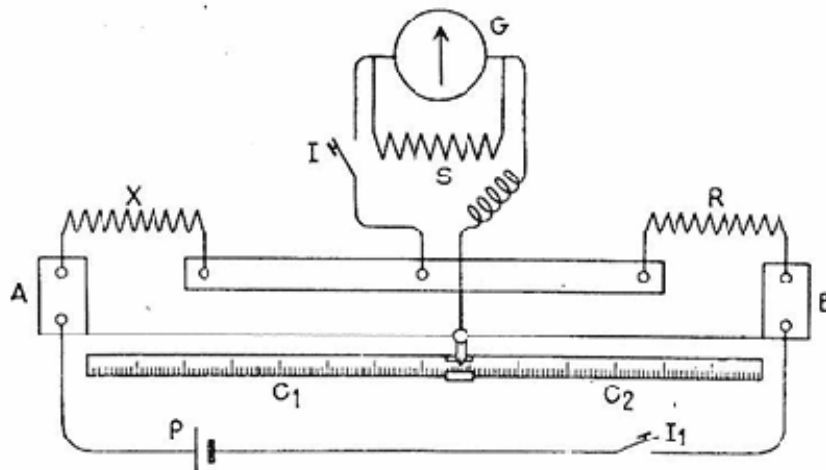


Figura 61. Esquema de montagem experimental da ponte de fio e cursor (manual 6)

Nesta montagem substituem-se as duas resistências r_1 e r_2 , da ponte de Wheatstone, por um reocórdio com um cursor.

A lista de material é a seguinte: pilha ou acumulador, galvanómetro com shunt, caixa de resistências, resistência a medir, ponte de fio e cursor, dois interruptores e fios.

O significado dos símbolos do esquema é, à semelhança da ponte de Wheatstone, indicado ao longo do protocolo experimental (4.2).

É apresentado, também, um “Exemplo Prático” semelhante ao anterior.

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 7:

Silva, L. & Peixoto, I., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 3º ciclo dos Liceus* (entrada na Biblioteca do Porto: 1950), Porto Editora

Este trabalho apresenta um tópico inicial com a definição de algumas grandezas eléctricas fundamentais, tais como a intensidade de corrente, a diferença de potencial, a resistência eléctrica, resistividade e a força electromotriz de um gerador (1.1). Refira-se que este manual tem um particular cuidado em definir as unidades de medida destas grandezas. Para tal, faz referência ao sistema Giorgi, precursor do Sistema Internacional de Unidades (SI) (4.2), por exemplo:

“A unidade Giorgi de intensidade de corrente é:

$$[1]U.G. = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Seg}}, \text{ que se convencionou chamar ampere (símbolo: } A), \text{ e}$$

representa a intensidade duma corrente que debita 1 Coulomb por segundo.”

Em seguida, faz-se referência aos principais instrumentos de medida (amperímetros, voltmímetro), galvanoscópios, reóstatos, caixas de resistências e shunts.

Quanto aos reóstatos e às caixas de resistências, o autor faz uma descrição cuidada do seu princípio de funcionamento (2.3), acompanhada de esquemas ilustrativos (2.2):

Veja-se nas Figuras 62 e 63, respectivamente, o desenho do interior e exterior de uma caixa de resistências e seu princípio de funcionamento:

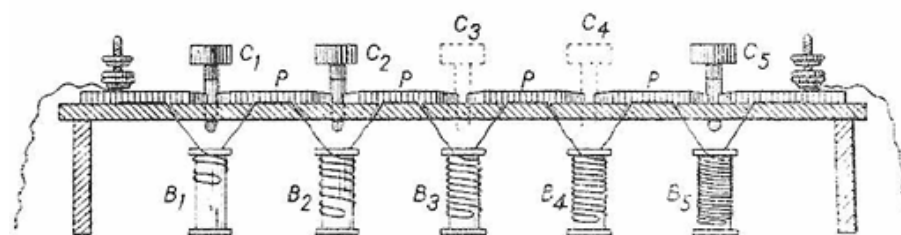


Figura 62. Desenho do interior de uma caixa de resistências (manual 7)

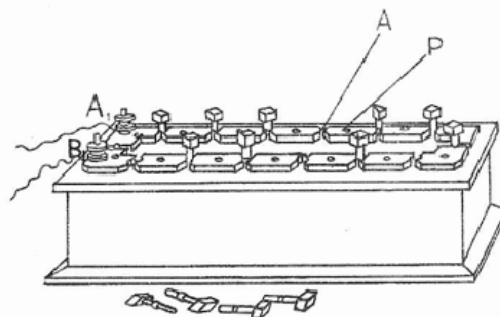


Figura 63. Desenho do exterior de uma caixa de resistências (manual 7)

“ Uma caixa de resistências é formada por uma série de bobinas, $B1$, $B2$, $B3$,... colocadas no interior de uma caixa e ligadas entre si por barras metálicas P . Estas barras estão separadas umas das outras por alvéolos A , onde se podem introduzir cravelhas $C1$, $C2$, ..., que devem estar sempre bem limpas e bem apertadas. Tirando uma ou mais cravelhas, por exemplo, $C3$ e $C4$, ficam introduzidas no circuito exterior $A1B1$ (Figura 7) as resistências das respectivas bobinas, pois fica então desfeito o contacto directo das correspondentes barras P . ”

Só depois de explicado o funcionamento dos vários instrumentos no item denominado “*Execução do Trabalho*”, é que o autor apresenta o protocolo experimental (3.1) para a determinação do valor da resistência pela ponte de Wheatstone e pela ponte de fio e cursor, remetendo o experimentador para os respectivos esquemas de montagem (3.3) e indicando quais as grandezas a medir e cálculos a efectuar com as mesmas (4.3).

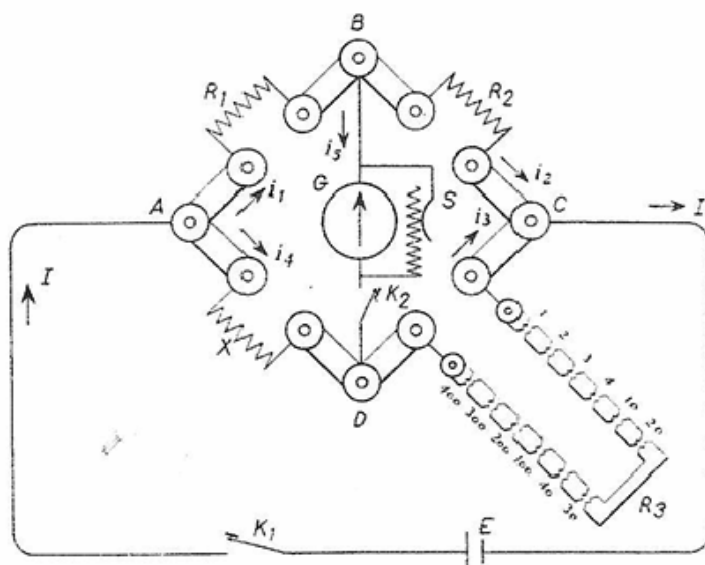


Figura 64. Esquema de montagem experimental da ponte de Wheatstone (manual 7)

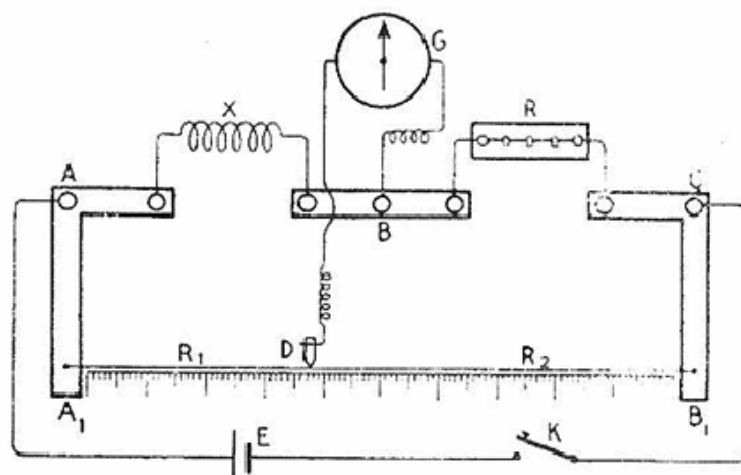


Figura 65. Esquema de montagem experimental da ponte de fio e cursor (manual 7)

São apresentados, em seguida, dois “*Exemplos Práticos*” que consistem em dois exercícios resolvidos com valores numéricos concretos e aplicação directa das expressões matemáticas apresentadas ao longo da “*Execução do Trabalho*” (5.1; 5.2).

Este manual possui um subtópico neste trabalho, inédito entre todos os manuais analisados, designado por “*Precisão do método*”, em que se chama a atenção para as particularidades do mesmo (4.1):

“ *Mostra-se (...) que a precisão do método é máxima, quando as resistências R_1 , R_2 , R_3 e X são da mesma ordem de grandeza, isto é, próximas. Na ponte de fio, L_2 não deve ser muito diferente de L_1 . Convém, pois, operar nestas condições, que é, de facto, o que na prática se faz, e se pode verificar pelos exemplos práticos apresentados.*”

Note-se que L_1 e L_2 são os comprimentos das duas partes do fio separadas pelo cursor, ou seja, respectivamente $\overline{A_1D}$ e $\overline{DB_1}$.

Acrescenta ainda:

“ *No que acabamos de dizer, não se entrou em linha de conta com o erro proveniente do efeito Joule: é que pela passagem de corrente, as resistências alteram-se porque se altera a resistividade, que é função da temperatura (...).*”

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 8:

Seixas, A. & Seixas, R., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu* (1952), Porto Editora

Este manual é uma edição mais recente do manual 6. As alterações introduzidas não são significativas. Notem-se apenas as duas alterações mais evidentes.

A primeira prende-se com os cuidados a ter nas medições eléctricas. O manual 6 referia o seguinte:

“ f) Nas medições devem conservar-se os circuitos fechados o menor tempo possível; apenas o tempo indispensável para fazer a observação.”

Nesta edição o autor sentiu a necessidade de justificar este procedimento:

“ Evita-se assim que a resistividade dos condutores varie por efeito do aquecimento produzido pela passagem da corrente. E evita-se também, tanto quanto possível, sempre que se trabalhe com pilhas facilmente polarizáveis, que a corrente por elas fornecida diminua de intensidade por efeito da polarização dos seus eléctrodos.”

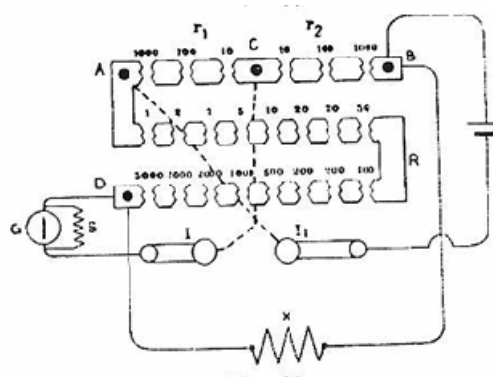
Acrescenta, ainda, uma alínea a este subtópico:

“ i) Sempre que se modifica a resistência numa caixa, tirando ou colocando cavilhas, deve ter-se o cuidado de interromper os circuitos, para evitar os efeitos prejudiciais das extra-correntes.”

Na parte respeitante ao “*Princípio do método*” da ponte de Wheatstone, o autor adiciona esta ressalva a respeito de algumas caixas de resistências:

“ Há caixas de resistências armadas em ponte. Nestas caixas já existem as três resistências, bastando ligar aos terminais da caixa, por meio de fios condutores, a pilha, o galvanómetro e a resistência a medir.”

E, para ilustrar o referido anteriormente, acrescenta o esquema que se segue:



d.d.p. é igual à existente entre os pontos A e C_1 do fio, que distam entre si do comprimento L_1 .

Substituindo o gerador E_1 pelo gerador E_2 , pode-se conseguir, da mesma forma, uma posição C_2 do cursor, à distância L_2 , de A , para a qual a agulha do galvanómetro não acuse desvio. Neste caso, será também a força electromotriz do gerador E_2 (fem e_2), igual à d.d.p. entre os pontos A e C_2 do fio, colocados à distância L_2 um do outro.

Como a intensidade da corrente no fio AB é constante, quer o cursor esteja em C_1 ou C_2 , ao longo do fio há uma queda uniforme de potencial; e, portanto, a diferença de potencial entre dois pontos quaisquer é directamente proporcional ao comprimento do fio compreendido entre esses dois pontos.

Pode-se, então, escrever a expressão que permite comparar as fem dos dois geradores; E_1 e E_2 , determinando os comprimentos L_1 e L_2 do recórdio:

$$\frac{V_A - V_{C_1}}{V_A - V_{C_2}} = \frac{L_1}{L_2} \text{ ou } \frac{e_1}{e_2} = \frac{L_1}{L_2}$$

Manual 6:

Seixas, A. & Seixas, R., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu* (entrada na Biblioteca do Porto: 1950), Livraria Simões Lopes

Este manual começa por apresentar uma introdução teórica ao método experimental a utilizar para comparar as forças electromotrizas, o método do potenciómetro ou método de Du Bois Reymond (1.2), acompanhada de um esquema ilustrativo:

“ Para se compararem, por este método, as fs.e.ms. de dois geradores, faz-se a neutralização ou compensação da f.e.m. de cada um desse geradores, entre dól pontos dum circuito, com a f.e.m. constante de um terceiro gerador. Para se poder dar a compensação, é necessário, portanto, que a f.e.m. deste último gerador seja superior à dos geradores a comparar:

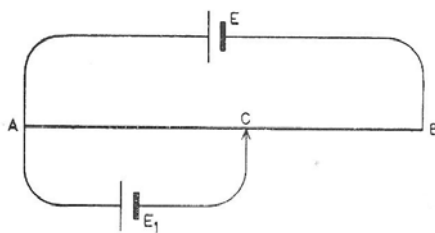


Figura 68. Esquema do circuito para comparação de forças electromotrizas pelo método do potenciómetro (manual 6)

Neste seguimento, deduz-se a seguinte expressão que permite, recorrendo ao comprimento entre o ponto A e o cursor C ($\overline{AC} = x_1$) e entre o ponto B e o cursor C ($\overline{BC} = x_2$), conforme as posições pretendidas para C, comparar as forças electromotrizes dos dois gerador, e_1 e e_2 :

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{x_1}{x_2}$$

O ponto seguinte diz respeito à lista de material necessário (2.1): reocórdio com cursor; galvanómetro com shunt; acumulador; geradores a comparar; caixa de resistências; interruptor; comutador; fios de ligação.

O protocolo experimental intitula-se “*Modo de proceder*” e é descrito por alíneas que discriminam os vários passos do mesmo (3.1). Esta descrição apresenta um esquema da montagem experimental a efectuar (3.3):

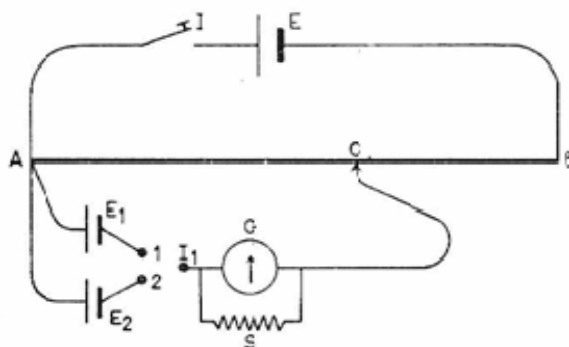


Figura 69. Esquema da montagem experimental para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 6)

Este trabalho termina com um “*Exemplo Prático*” em que são apresentados valores numéricos concretos (5.1; 5.2) e se faz a comparação entre as forças electromotrizes de dois tipos de pilhas.

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 7:

Silva, L. & Peixoto, I., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 3º ciclo dos Liceus* (entrada na Biblioteca do Porto: 1950), Porto Editora

Este manual divide o trabalho em quatro alíneas distintas:

- 1º) *Potenciómetro;*
- 2º) *Comparação das f.e.m. de duas pilhas com o potenciómetro;*

3º) Execução do trabalho;

4º) Exemplo prático.

No primeiro ponto, apresenta-se o potenciômetro como um dispositivo que, tendo à disposição uma diferença de potencial constante, V , permite regular diferenças de potencial entre 0 e essa mesma d.d.p., V . Refere-se, ainda, a sua aplicabilidade na distribuição de energia eléctrica a uma cidade (2.3). Representa-se o potenciômetro sob a forma de esquema (2.2):

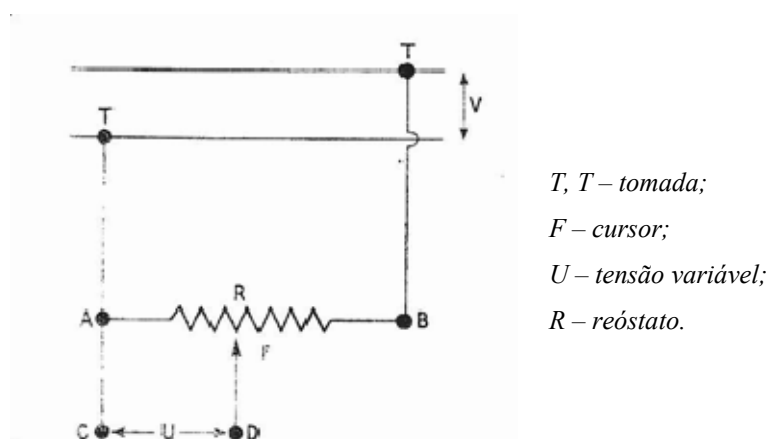


Figura 70. Esquema de um potenciômetro (manual 7)

No segundo ponto, é descrito o método experimental de comparação das forças electromotrizes (f.e.m.) propriamente dito (1.2), que o autor também designa por método de Du Bois Reymond, e apresenta-se a expressão matemática que, posteriormente, vai permitir relacionar as duas f.e.m., remetendo para a montagem experimental (Figura 71):

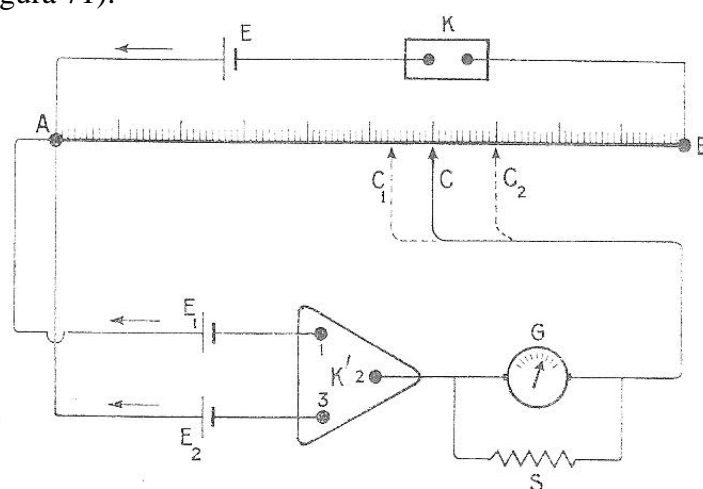


Figura 71. Esquema da montagem experimental para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciômetro (manual 7)

Há o cuidado de apresentar a legenda em todos os esquemas e expressões matemáticas (4.2).

Em “*Execução do Trabalho*”, é proposta a comparação entre as forças electromotrizes de um elemento Meidinger com a de um elemento Leclanché (3.1) utilizando a montagem anterior (3.3) e recorrendo, no final, à expressão seguinte, igual à do manual anterior com as devidas mudanças de símbolos:

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

l_1 - comprimento entre o ponto A e o cursor na posição C_1 ;

l_2 - comprimento entre o ponto B e o cursor na posição C_2 ;

No quarto e último ponto, é proposto num “*Exemplo Prático*”, a comparação entre os dois elementos de pilha anteriores, recorrendo à expressão anterior e substituindo, nesta última, os símbolos por valores numéricos concretos (5.1; 5.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 8:

Seixas, A. & Seixas, R., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu* (1952), Porto Editora

Este manual é uma edição mais recente do manual 6. As alterações introduzidas não são significativas. A principal mudança prende-se com um reajuste no esquema apresentado na descrição do método, em que é introduzida a representação do cursor nas posições C_1 e C_2 :

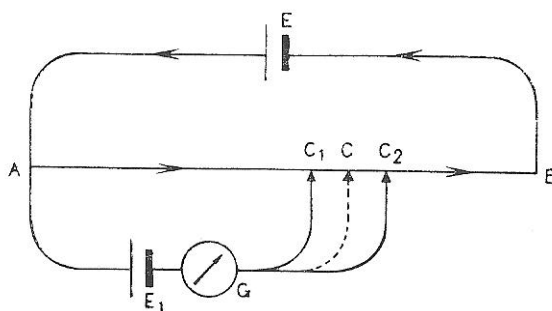


Figura 72. Esquema do circuito para comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro (manual 8)

Assim sendo, apesar do outro esquema de montagem que está no protocolo experimental ser igual ao do outro manual, por causa desta alteração no esquema

anterior, é feito um reajuste na expressão matemática utilizada para a comparação das forças electromotrizes:

$$\frac{V_a - V_{C1}}{V_A - V_{C2}} = \frac{L_1}{L_2} \text{ ou } \frac{e_1}{e_2} = \frac{L_1}{L_2}$$

O significado dos símbolos é o mesmo que está descrito na introdução deste trabalho, antes da apresentação do mesmo nos três manuais analisados.

O “*Exemplo Prático*” apresentado é igual ao do manual 6, utilizando os mesmos valores numéricos.

4.2.3. Determinação da potência consumida por lâmpadas de incandescência.

Neste trabalho pretende-se determinar a potência consumida por uma lâmpada de incandescência.

Considere-se, para tal, os pontos A e B do condutor eléctrico representado na figura seguinte (Figura 4):

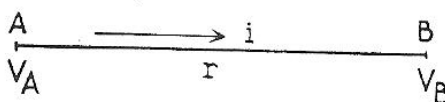


Figura 73. Esquema representativo de um condutor atravessado por uma corrente eléctrica i (manual 6)

Se entre os pontos A e B do condutor eléctrico, de resistência r , houver uma diferença de potencial $V = V_A - V_B$ e, se for i a intensidade, constante, da corrente que o percorre, a lei de Ohm permite escrever:

$$V = ri$$

Esta corrente eléctrica transporta, no intervalo de tempo t , de A para B, uma quantidade de carga eléctrica $q = it$ e liberta, no condutor AB, a energia $W = Vit$.

Esta energia aparece no condutor sob a forma de calor. E este calor libertado pode, para determinado valor da intensidade da corrente, levar o condutor à incandescência. É o princípio das lâmpadas de incandescência.

Se Q representar a quantidade de calor libertado no condutor, pela corrente, e J o equivalente mecânico da caloria, será:

$$W = JQ = Vit$$

ou

$$P = \frac{W}{t} Vi$$

A expressão anterior mostra que, para determinar a potência, P , consumida por uma lâmpada de incandescência, isto é, o seu consumo, é necessário achar o valor do produto Vi , da diferença de potencial nos contactos da corrente que a percorre.

O consumo específico C duma lâmpada, que é o seu consumo por unidade de intensidade luminosa, é dado pela relação:

$$C = \frac{P}{I_l},$$

em que I_l é a intensidade luminosa da lâmpada.

Manual 6:

Seixas, A. & Seixas, R., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu* (entrada na Biblioteca do Porto: 1950), Livraria Simões Lopes

O manual 6 continua a obedecer à sequência utilizada nos outros trabalhos práticos.

Apresenta, inicialmente o “*Princípio de Método*” (1.2), muito semelhante à efectuada na introdução deste trabalho 4.2.3.. e no qual se definem, da mesma forma, os conceitos de potência consumida por uma lâmpada de incandescência, P , e consumo específico da mesma, C (1.1). Recorre à figura anterior para a ilustração de um condutor eléctrico de resistência r (3.3), assim como às mesmas expressões matemáticas para o cálculo da potência consumida pela lâmpada (4.3).

Logo depois, vem a enumeração do “*Material Necessário*”: lâmpadas, voltímetro, amperímetro, interruptor, fios condutores, ficha e tomada de corrente (2.1).

O “*Modo de Proceder*” sugere a montagem do esquema a seguir apresentado (3.3):

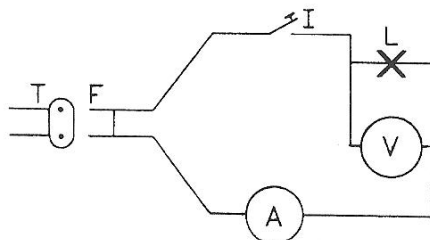


Figura 74. Esquema da montagem experimental para a determinação da potência consumida por uma lâmpada de incandescência (manual 6)

Este protocolo é organizado por alíneas (3.1). Dá-se a indicação para ligar a corrente através da ficha F e da tomada T; fechar o interruptor I e tomar nota dos valores, V e i indicados, respectivamente pelo voltímetro (V) e pelo amperímetro (A).

O autor reforça a ideia que o produto destes valores corresponde à potência, P , consumida pela lâmpada. Para determinar o consumo específico da mesma, C , é necessário, ainda, registar a intensidade luminosa, I_l , da lâmpada L.

Por fim, é apresentado o “*Exemplo Prático*”, comum nos outros trabalhos analisados, e que consiste na comparação, com valores numéricos concretos, da comparação do consumo de uma lâmpada de filamento de carvão com o de uma lâmpada de filamento metálico (5.1; 5.2):

Comparação do consumo numa lâmpada de filamento de carvão e numa lâmpada de filamento metálico.

A) Lâmpada de filamento de carvão.

a) Registo das observações:

Tensão	$V = 108$ volts
Int. da corrente	$i = 0,86$ amperes
Int. luminosa	$I_l = 25$ velas

b) Cálculos:

Consumo : $P = Vi = 108 \times 0,86 = 92,9$ watts

Consumo específico : $c = \frac{P}{I_l} = \frac{92,9}{25} = 3,72$ watts/vela

c) Resultados:

Potência consumida : 92,9 watts

Consumo específico : 3,72 watts/vela.

B) Lâmpada de filamento metálico:

a) Registo das observações:

Tensão	$V = 108$ volts
Int. da corrente	$i = 0,25$ amperes
Int. luminosa	$I_l = 25$ velas

b) Cálculos:

Consumo : $P = Vi = 108 \times 0,25 = 27,0$ watts

Consumo específico : $c = \frac{P}{I_l} = \frac{27}{25} = 1,08$ watts/vela

c) Resultado:

Potência consumida : 27 watts

Consumo específico : 1,08 watts/vela.

Conclusão: A lâmpada de filamento metálico é muito mais económica que a lâmpada de filamento de carvão.

Figura 75. Apresentação do item “*Exemplo Prático*” – comparação da potência consumida por duas lâmpadas de incandescência (manual 6)

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 7:

Silva, L. & Peixoto, I., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 3º ciclo dos Liceus* (entrada na Biblioteca do Porto: 1950), Porto Editora

O trabalho prático compreende quatro partes distintas que se passa a citar:

1 – *Noções e finalidade do trabalho.*

2- *Medida da intensidade da corrente e da tensão entre os terminais duma lâmpada.*

3 – *Execução do trabalho.*

4 – *Exemplo prático.*

Na primeira parte, são definidos os conceitos de potência, P , consumida por uma lâmpada de incandescência e consumo específico da mesma, C (1.1). São, aqui, explicitadas as unidades desta grandeza física, o que não tinha sido feito no manual anterior:

“ O consumo específico, C , da lâmpada (...) é costume avaliar-se em $\frac{\text{watts}}{\text{vela}}$. ”

Apresenta-se, em seguida, algumas indicações de carácter mais prático sobre as lâmpadas, seleccionando informações acerca de um tópico familiar ao aluno:

“ A intensidade luminosa, I , é fornecida pelo construtor da lâmpada, estando marcada na própria lâmpada, ou determina-se, comparando-a no banco de óptica com um padrão. Uma lâmpada será tanto mais económica quanto menor for, evidentemente, o seu consumo específico se abstrairmos dos custo inicial e do tempo de duração, e se considerarmos apenas a energia consumida, paga à razão de 2\$00 a 2\$50 Kwatt-hora.”

O autor refere, depois, o objectivo principal do trabalho:

“ A finalidade do trabalho consiste, fundamentalmente, em comparar duas ou mais lâmpadas, verificando, pela potência e pelo consumo específico, qual delas é a mais económica.”

A medição da intensidade da corrente e da diferença de potencial entre os terminais de uma lâmpada faz-se com um amperímetro e voltímetro. No segundo ponto apresentam-se dois métodos experimentais (1.2) associados a duas montagens diferentes associando estes instrumentos (2.2; 2.3) e discutem-se os erros sistemáticos associados a cada uma delas (4.1) e a sua respectiva adequação à determinação da potência consumida por lâmpadas de incandescência.

Note-se o significado da simbologia utilizada nos esquemas das montagens:

T, T – tomada que liga a lâmpada L à corrente exterior a tensão sensivelmente constante, V .

V – Voltímetro;

A – Amperímetro.

No esquema seguinte, o voltímetro mede, de facto, a diferença de potencial entre os terminais da lâmpada, mas o amperímetro mede a soma da intensidade da corrente que quer medir – a corrente que atravessa a lâmpada – com a corrente que passa no voltímetro.

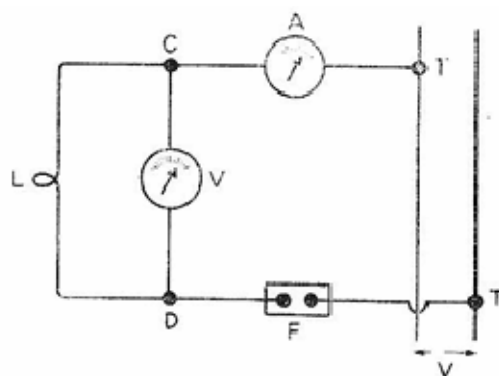


Figura 76. Esquema de um circuito com amperímetro e voltímetro – I (manual 7)

No próximo esquema é o amperímetro que fornece a medição correcta, mas o voltímetro marca um valor maior que o procurado.

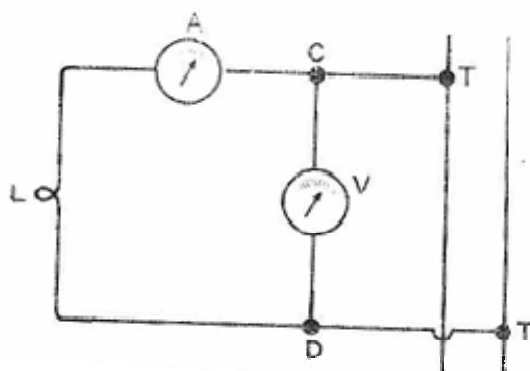


Figura 77. Esquema de um circuito com amperímetro e voltímetro –II (manual 7)

Refere o autor:

“ Para lâmpadas de resistência R pequena em relação à do voltímetro, convém a 1ª montagem; caso contrário, a 2ª.

Como a resistência de um voltímetro é da ordem de milhares de ohm, para qualquer lâmpada de incandescência vulgar a montagem indicada é a 1ª.”

Segue-se a descrição do protocolo experimental (3.1) em “*Execução do Trabalho*”, utilizando a primeira montagem apresentada (3.3). O procedimento é muito semelhante ao apresentado no manual anterior, mas, este, sugere explicitamente que se determine o consumo específico (4.3) para duas lâmpadas de filamentos de diferentes materiais (tungsténio e carvão) e se conclua, a partir do confronto dos valores finais obtidos, qual a mais económica.

No último ponto, “*Exemplo prático*”, apresentam-se duas lâmpadas diferentes, referindo, concretamente, a marca, o material do filamento e o modelo (5.1; 5.2). Conclui-se que a lâmpada de filamento de tungsténio, a que tem menor consumo específico, é a mais económica (5.3):

a) *Lâmpada Phillips, filamento de carvão, 220 — 150, 40 velas:*

$$\begin{aligned}\text{Tensão } u_1 &= 216 \text{ V} \\ \text{Corrente } i_1 &= 0,74 \text{ A} \\ \text{Potência consumida: } P_1 &= 0,74 \times 216 = 159,8 \text{ watts.} \\ \text{Consumo específico: } C_1 &= \frac{159,8}{40} = 3,99 \frac{\text{watts}}{\text{vela}}.\end{aligned}$$

b) *Lâmpada Phillips, filamento de tungsténio, 220 — 50, 40 velas:*

$$\begin{aligned}\text{Tensão } u_2 &= 216 \text{ V} \\ \text{Corrente } i_2 &= 0,20 \text{ A} \\ \text{Potência consumida: } P_2 &= 0,20 \times 216 = 43,2 \text{ watts.} \\ \text{Consumo específico: } c_2 &= \frac{43,2}{40} = 1,08 \frac{\text{watts}}{\text{vela}}.\end{aligned}$$

Conclusão: É mais económica a lâmpada de filamento de tungsténio.

Figura 78. Apresentação do item “*Exemplo Prático*” – comparação da potência consumida por duas lâmpadas de incandescência (manual 7)

A simbologia utilizada é coerente (4.2).

Não é feita qualquer apresentação de questionário sobre o trabalho em causa.

Manual 8:

Seixas, A. & Seixas, R., *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu* (1952), Porto Editora

Este manual é uma edição mais recente do manual 6. As alterações introduzidas não são significativas. A única alteração diz respeito à mudança de representação espacial dos instrumentos de medida e à simbologia utilizada no esquema de montagem.

O novo esquema é representado na figura seguinte:

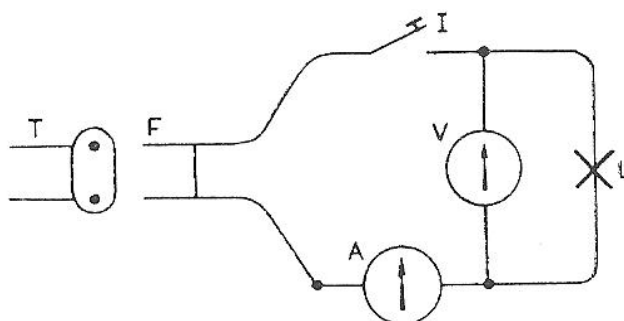


Figura 79. Esquema da montagem experimental para a determinação da potência consumida por uma lâmpada de incandescência (manual 8)

É alterada a disposição espacial da ligação em paralelo do voltímetro com lâmpada. Os símbolos de amperímetro e voltímetro também sofrem modificações: os símbolos A e V no interior das circunferências que representavam o amperímetro e o voltímetro, respectivamente, passam a estar no seu exterior, ao lado dos mesmos, e no interior dessas mesmas circunferências é desenhada uma seta a representar o ponteiro dos mesmos.

Tudo o resto se mantém igual ao manual 6.

Em jeito de síntese, apresentam-se, em seguida, tabelas referentes a cada trabalho prático, e que revelam de forma mais sucinta, quais os subcritérios que estão presentes em cada manual.

CrITÉRIOS de análise dos manuais de trabalhos prÁticos analisados:

1. ApresentaÇão de aspectos teóricos subjacentes   realização do trabalho prático em questão.

- 1.1.** introdução teórica aos conceitos básicos necessários   compreensão do trabalho.
- 1.2.** introdução teórica aos métodos experimentais a utilizar na realização do mesmo, tendo em conta se esta é feita com a inclusão de esquemas ilustrativos, expressões matemáticas e/ou tabelas.

2. Apresentação do material/equipamento a utilizar.

- 2.1.** apresentação do material/equipamento laboratorial a utilizar (se existe uma enumeração prévia do material a utilizar).
- 2.2.** apresentação do equipamento sob a forma de esquema.
- 2.3.** apresentação da constituição, modo de funcionamento e, conseqüentemente, principais cuidados a ter no manuseamento do material/equipamento.

3. Apresentação do protocolo experimental.

- 3.1.** descrição, passo a passo, dos procedimentos a adoptar para a realização do trabalho prático.
- 3.2.** descrição a forma de texto sem discriminação dos vários procedimentos por itens.
- 3.3.** protocolo experimental acompanhado de desenhos, esquemas ou diagramas ilustrativos.

4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições.

- 4.1.** referência a erros instrumentais ou de leitura e forma de os minimizar.
- 4.2.** utilização de simbologia coerente e explicitação do seu significado.
- 4.3.** indicações das grandezas a medir.
- 4.4.** recomendações para o desenho de esboços do esquema experimental.

5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões.

5.1. exemplos de registos numéricos.

5.2. exemplos de análise de dados.

5.3. apresentação das conclusões;.

5.4. existência de tabelas de constantes ou de simbologia para consulta.

6. Apresentação de questões.

6.1. questões sobre aspectos técnicos do trabalho prático.

6.2. questões sobre aspectos teóricos subjacentes trabalho prático.

Tabelas de análise dos manuais de trabalhos práticos de acordo com os critérios estabelecidos:

CrITÉrios de análise	Manual 1	Manual 2	Manual 3	Manual 4	Manual 5
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.2	Ausente	1.1; 1.2	1.2	Ausente
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.3	2.1; 2.2; 2.3	2.2; 2.3	2.1	2.1; 2.2; 2.3
3. Apresentação do protocolo experimental	3.2; 3.3	3.2	3.2; 3.3	3.1; 3.3	3.2
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.1	4.2; 4.3	4.3; 4.4	4.1	4.2; 4.3
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.1; 5.2; 5.4	Ausente	5.1; 5.2	5.1; 5.2	5.1; 5.2
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	6.1; 6.2	Ausente	Ausente

Tabela 11. TP1_ Medição da resistência de um condutor: método da substituição

Critérios de análise	Manual 1	Manual 2	Manual 3	Manual 4	Manual 5
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.3	Ausente	2.3	2.3	Ausente
3. Apresentação do protocolo experimental	3.2	3.2; 3.3	3.2; 3.3	3.1; 3.3	3.2; 3.3
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.2	4.2; 4.3	4.2; 4.3	4.2; 4.3	4.2; 4.3
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.3	5.3	5.1; 5.2; 5.3	5.1; 5.2; 5.3	5.1; 5.2; 5.3; 5.4
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	6.2	6.1; 6.2	Ausente

Tabela 12. TP2_ Associação de pilhas. Estudo da variação da intensidade com a resistência exterior

Critérios de análise	Manual 1	Manual 2	Manual 3	Manual 4	Manual 5
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.2	1.2	1.1; 1.2	1.2	1.1; 1.2
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.3	2.2; 2.3	2.1; 2.2; 2.3	2.3	2.2; 2.3
3. Apresentação do protocolo experimental	3.2	3.2; 3.3	3.2; 3.3	3.1; 3.3	3.2; 3.3
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.2; 4.3	4.3	Ausente	4.2	Ausente
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.1; 5.2	Ausente	5.1; 5.2	5.1; 5.2; 5.4	5.1; 5.2; 5.4
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	6.1; 6.2	6.1; 6.2	Ausente

Tabela 13. TP3_ Medição da intensidade de uma corrente pelo voltâmetro de cobre ou de hidrogénio

Critérios de análise	Manual 1	Manual 2	Manual 3	Manual 4	Manual 5
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.1	1.1	1.1; 1.2	1.1; 1.2	1.1
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.3	2.2; 2.3	2.2; 2.3	2.3	2.2; 2.3
3. Apresentação do protocolo experimental	3.2	3.2	3.2; 3.3	3.1	3.2
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.1; 4.2	4.2	4.2; 4.3	4.2; 4.3	4.2
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.1; 5.2	5.1; 5.2	Ausente	5.1; 5.2	5.1; 5.2
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	6.1; 6.2	6.1; 6.2	Ausente

Tabela 14. TP4_ Determinação da declinação e da inclinação terrestres

Critérios de análise	Manual 6	Manual 7	Manual 8
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.2	1.1; 1.2	1.2
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.1	2.2; 2.3	2.1
3. Apresentação do protocolo experimental	3.1; 3.3	3.1; 3.3	3.1; 3.3
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.1; 4.2	4.1; 4.2; 4.3	4.1; 4.2
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.1; 5.2	5.1; 5.2	5.1; 5.2
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	Ausente

Tabela 15. TP5_ Determinação da resistência de um condutor: ponte de Wheatstone e ponte de fio e cursor

Critérios de análise	Manual 6	Manual 7	Manual 8
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.2	1.1; 1.2	1.2
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.1	2.2; 2.3	2.1
3. Apresentação do protocolo experimental	3.1; 3.3	3.1; 3.3	3.1; 3.3
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.2	4.2	4.2
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.1; 5.2	5.1; 5.2	5.1; 5.2
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	Ausente

Tabela 16. TP6_ Comparação de forças electromotrizes pelo método do potenciómetro

Critérios de análise	Manual 6	Manual 7	Manual 8
1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão	1.1; 1.2	1.1; 1.2	1.1; 1.2
2. Apresentação do material/equipamento a utilizar	2.1	2.2; 2.3	2.1
3. Apresentação do protocolo experimental	3.1; 3.3	3.1; 3.3	3.1; 3.3
4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições	4.2	4.1; 4.2; 4.3	4.2
5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões	5.1; 5.2	5.1; 5.2; 5.3	5.1; 5.2
6. Apresentação de questões	Ausente	Ausente	Ausente

Tabela 17. TP7_ Determinação da potência de uma lâmpada de incandescência

Capítulo 5 – Discussão

No Capítulo 2, referiu-se que desde 1929, momento em que surgiu a primeira lista de trabalhos práticos obrigatórios de Física, até 1954, ano da última reforma legislativa antes de 1973, esta lista de trabalhos práticos obrigatórios foi sofrendo várias modificações. Nas áreas da Electricidade e Magnetismo, sobre as quais se debruçou este estudo, houve trabalhos que foram sendo, sucessivamente retirados e acrescentados de novo à lista oficial. Note-se, no entanto, que neste período temporal (1929 a 1973), houve dois trabalhos práticos que se mantiveram muito presentes, apesar de terem sido sujeitos a alterações nos seus métodos de execução e, conseqüentemente, na respectiva designação.

Um dos trabalhos foi a *“Determinação da resistência de um condutor”*. Apesar dos métodos sugeridos para esta medição terem vindo a sofrer alterações (ora pela ponte de Wheatstone, ora pela ponte de fio e cursor, ora pelo método de substituição, ora por combinações dos três métodos), este trabalho prático esteve sempre presente. O Decreto de 26 de Agosto de 1930 enfatiza a necessidade de se chamar a atenção do aluno para os métodos de desvio e de zero, as leituras por estimativa, o grau de precisão de uma medida, o significado de um zero à direita da vírgula. Estas recomendações operacionalizaram-se pela presença dos vários métodos experimentais utilizados na determinação da resistência de um condutor. A ponte de Wheatstone e a ponte de fio e cursor são um bom exemplo de métodos de desvio e de zero, na medida em que implicam a determinação do zero por sucessivas oscilações em torno de um ponto médio estando subjacentes as leituras por estimativa e o grau de precisão de uma medida.

O outro trabalho estável ao longo das várias reformas foi a *“Determinação da intensidade da corrente eléctrica com um voltâmetro”*, fazendo recurso ora ao voltâmetro de cobre, ora com o voltâmetro de cobre e com o voltâmetro de hidrogénio. Note-se a diversificação da utilização de métodos distintos para a medição da mesma grandeza (tal como aconteceu com o trabalho referido anteriormente): no primeiro caso, procede-se à medição da massa de um sólido e, no caso da utilização do voltâmetro de hidrogénio, à medição do volume de um gás.

O carácter permanente destes trabalhos na lista oficial poder-se-á dever à grande importância atribuída à medição de grandezas físicas (cf. Critério 4 no Capítulo 3). Esta

apresenta-se como um estímulo ao crescimento do “*espírito científico*” nos alunos, sendo que a medição das propriedades envolvidas em cada fenómeno é imprescindível à construção do conhecimento. E, apesar de todos os trabalhos preverem a realização de medidas e controlo de variáveis, de facto, a resistência e a intensidade de corrente eléctrica são grandezas imprescindíveis ao estudo da Electricidade. Pensamos que esta presença constante não exigia uma aquisição constante de novo equipamento, apesar do desgaste natural resultante da sua utilização.

Note-se, também, a menor relevância atribuída aos trabalhos práticos de Magnetismo, o que contraria a legislação que defende que todos os conteúdos deviam ser igualmente valorizados (Decreto de 26 de Agosto de 1930). Só aparece um trabalho prático de Magnetismo, “*Determinação da declinação e inclinação terrestres*”, associado a um conjunto de trabalhos práticos que designámos, genericamente, de “Electricidade e Magnetismo” que varia entre 6 a 9 trabalhos (conforme a reforma em curso) e, mesmo este, vai aparecendo e desaparecendo do programa, sem que o legislador o justifique. Porventura, esta constatação estaria relacionada com uma maior importância conferida à Electricidade em detrimento do Magnetismo.

Os guias ou manuais de trabalhos práticos, objectos de reflexão neste trabalho, foram analisados com base em critérios estabelecidos no Capítulo 3 (ver págs. 37 a 39), cuja ocorrência ou não foi sistematizada em tabelas no final do Capítulo 4 (ver págs. 127 a 129).

Estes guias compreendem dois períodos distintos. O primeiro conjunto de manuais, amostra A, dos quais se analisaram os trabalhos de Electricidade e Magnetismo do 6º ano do curso geral, é abrangido pela reforma de 1936 a 1947; o segundo conjunto de guias, amostra B, dos quais se analisaram os trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo do 7º ano do curso complementar, é abrangido pela reforma de 1948 a 1954.

Foram analisados quatro trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo dos cinco manuais da amostra A e três trabalhos práticos de Electricidade dos três manuais da amostra B.

Entre os manuais da amostra A e os da amostra B não existe qualquer alteração estrutural significativa. Existem, porém, algumas diferenças em termos de tratamento do conteúdo, visíveis na análise apresentada no Capítulo 4. Por exemplo: em termos de definição de conceitos (ex: intensidade de corrente eléctrica) e apresentação de material

(ex: shunt), os manuais da amostra B têm um maior grau de aprofundamento comprovado pelo maior número de páginas dedicado a este assunto (mais duas a três páginas, conforme o manual). No protocolo experimental este cuidado é traduzido, por exemplo, pela inclusão do tópico “*Precisão do método*”, no manual M7 da amostra B, um item exclusivamente dedicado a chamar a atenção do experimentador para possíveis fontes de erros acidentais e sistemáticos. Nos manuais da amostra B, os esquemas ilustrativos são mais abundantes e, conseqüentemente, mais valorizados e são incluídos exemplos numéricos em todos os manuais analisados.

Estas diferenças observadas nas duas amostras de manuais, resultantes de uma evolução temporal, e que se traduzem numa maior complexidade na abordagem dos conteúdos nos manuais da amostra B, poderão estar relacionadas com o facto dos trabalhos práticos da amostra A corresponderem ao final do segundo ciclo do curso geral do ensino liceal e os trabalhos práticos da amostra B corresponderem ao final do terceiro ciclo, isto é, ao curso complementar dos liceus. Ou seja, no caso da amostra A, ainda existe mais um ano de frequência do liceu e, no caso da amostra B, não. No caso da amostra B, um aumento de complexidade na abordagem dos assuntos é justificável com o facto deste ser o último ano do liceu, o ano preparatório para o ingresso no ensino superior.

Apesar dos manuais de trabalhos práticos não terem a referência da respectiva edição, foi possível constatar, após a sua análise, que dois deles se tratavam de edições mais recentes de dois outros manuais: na amostra A, o manual M5 é uma edição mais recente de M2 e, na amostra B, M8 é uma edição posterior do manual M6. Os manuais de edições diferentes (M2 e M5 da amostra A; M6 e M8 da amostra B) evidenciam também algumas modificações, apesar de não serem muito relevantes, que estão relacionadas com a introdução de algumas ilustrações, no caso de não existirem, ou pequenas alterações nas mesmas, no caso de já existirem; introdução de exemplos resolvidos, no caso de não existirem, e na presença de algumas tabelas informativas, bem como na introdução de explicações para alguns procedimentos no protocolo. Em suma, foram acrescentadas algumas alterações que podem ter sido introduzidas para ir ao encontro de prováveis pedidos de professores que tivessem utilizado a edição anterior, revelando, por isso, a sua valorização crescente ao longo do período analisado.

Apesar dos manuais pertencerem a períodos diferentes, procurou obter-se um (ou mais) modelo(s) de trabalho prático. Para isso, tentou observar-se que tipo de perfil se podia revelar com a conjugação dos subcritérios de análise em função da frequência da sua ocorrência no conjunto das duas amostras de manuais de trabalhos práticos, não considerando demasiado relevante a divisão das duas amostras para este efeito.

O histograma resultante foi o seguinte:

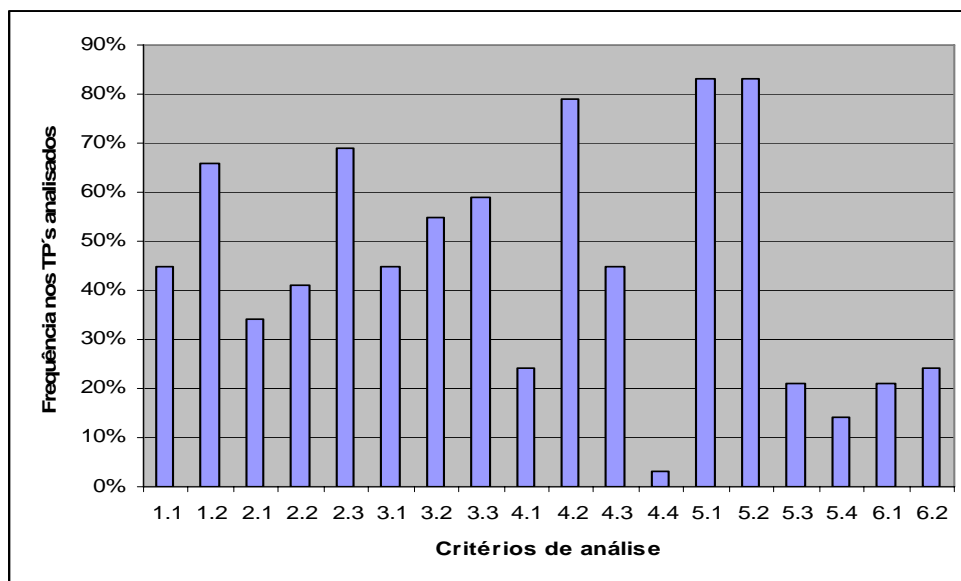


Gráfico 1. Representação gráfica dos critérios de análise em função da sua presença nos trabalhos práticos (TP's) analisados

Considerando a análise apresentada no Capítulo 4 e os resultados provenientes do Gráfico 1, emergentes da mesma, destacam-se os aspectos mais relevantes, tendo em conta os vários subcritérios.

1. Apresentação de aspectos teóricos subjacentes à realização do trabalho prático em questão

Relativamente a este critério, constatou-se, no Capítulo 4, que existe sempre uma introdução ao trabalho prático em questão. Esta introdução pode tomar a forma de definição dos conceitos básicos **(1.1)**, de apresentação do(s) método(s) experimental(ais) **(1.2)** ou ambas.

Esta apresentação pode aparecer sob a forma de tópico, com um título identificativo, ou não. Quando aparece com um título associado, este pode ser:

-
- *Princípio Fundamental* (ex: M3_ TP3);
 - *Generalidades* (ex: M4_ TP1); ou
 - *Princípio do Método* (ex: M6_ TP5).

Todas estas designações se referem à mesma apresentação inicial.

O Gráfico 1 permite observar que se dá mais importância à apresentação dos métodos experimentais **(1.2)** do que à definição dos conceitos propriamente ditos **(1.1)**. Esta importância conferida à apresentação do método experimental pode estar relacionada com o facto de este não ser referenciado nos respectivos livros de texto da componente teórica (ao contrário dos conceitos físicos).

O método experimental é, quase sempre, acompanhado de um esquema ilustrativo e, mais pontualmente, por tabelas informativas e expressões matemáticas. As expressões matemáticas não são deduzidas, excepto no caso da determinação da intensidade da corrente eléctrica com um voltâmetro de cobre.

Pontualmente, existe a descrição de outros métodos experimentais, para além dos que constam no programa oficial (ex: Determinação da resistência de um condutor pelo método amperímetro-voltímetro: M1_TP1). Este facto é revelador de um razoável grau de flexibilidade do mesmo.

2. Apresentação do material/equipamento a utilizar

Relativamente ao equipamento a utilizar no trabalho prático, a enumeração prévia do mesmo **(2.1)** aparece com uma expressão pouco significativa, de cerca de 35% no Gráfico 1. No entanto, o subcritério **2.3** referente à apresentação da constituição do material, modo de funcionamento e/ou cuidados a ter no seu manuseamento é bastante recorrente (cerca de 70%). Quase todos os manuais conferem grande importância à descrição dos principais equipamentos utilizados (ex: amperímetros, voltímetros, caixas de resistências, shunts, etc...) e, aqueles que não o fazem neste ponto, acabam por se referir a ele, indirectamente, no protocolo experimental (critério 3), assim como aos cuidados a ter no seu manuseamento (no caso do voltâmetro de hidrogénio). Os esquemas ilustrativos **(2.2)** como forma de complementar o critério 2.3 também estão presentes e aparecem com uma frequência de cerca de 40%.

A análise deste ponto sugere que era dada uma grande importância ao facto dos alunos dominarem o mecanismo de funcionamento do equipamento que utilizariam nos trabalhos práticos, assim como a sua destreza no manuseamento dos mesmos, com vista,

eventualmente, a prepará-los para o ingresso em cursos superiores ou torná-los aptos para exercer profissões mais práticas.

3. Apresentação do protocolo experimental

O protocolo experimental pode surgir com as seguintes designações:

- *Método Operatório* (M3);
- *Maneira de Proceder* (M4);
- *Modo de Proceder* (M6); ou
- *Execução do Trabalho* (M7).

Apesar de não serem exactamente sinónimos, todos estes títulos remetem para o carácter prático da actividade a realizar.

A maneira de apresentar o protocolo experimental é muito variável, na medida em que, em cerca de metade dos trabalhos, este é descrito por alíneas (3.1) e, na outra metade, sob a forma de texto “corrido”, sem discriminação de itens (3.2). Este subcritério não é, por isso, muito relevante e deve depender das preferências pessoais dos seus autores.

Cerca de 60% dos protocolos experimentais analisados são acompanhados de esquemas ilustrativos (3.3), excepto o manual 1 que é, também, o mais antigo. Mas, como é caso único, não parece razoável tirar qualquer ilação deste facto.

A presença abundante de esquemas ilustrativos sugere que este era um recurso valorizado na descrição do protocolo experimental, considerando-o muito relevante para a compreensão do mesmo por parte dos experimentadores. Por exemplo, as edições mais recentes dos manuais M2 e M6, incluíram um maior número de esquemas ilustrativos, o que reforça a sua importância.

4. Recomendações acerca da apresentação do registo das medições

Existem alguns trabalhos práticos (cerca de 35%) nos quais existe informação acerca de erros de leitura e/ou acidentais (4.1). Por exemplo, chama-se a atenção para maus contactos nas ligações com as caixas de resistências (ex: M1_TP1). O manual 7 destaca-se, neste ponto, de todos os outros porque possui um tópico exclusivo referente a este critério intitulado “*Precisão do método*”, que aparece no final do trabalho prático.

O Gráfico 1 permite constatar que, cerca de 80% dos trabalhos estudados, utilizam simbologia coerente (4.2). Existem apenas dois manuais em que isso não acontece (M1 e M2) e, mesmo quando não existe essa coerência, não significa que ocorra em todos os trabalhos práticos desse mesmo manual. Os dois casos mais flagrantes são:

M1_ TP1:

Ora se utilizam símbolos para representar as unidades das grandezas, ora se escrevem por extenso; ex: *ampere / A*; *ohms / O*; e o símbolo *W* quando todas as outras unidades estão escritas por extenso.

M2_ TP3:

O símbolo *t* designa, indiscriminadamente, tanto a grandeza tempo (mais correctamente, intervalo de tempo) como a grandeza temperatura.

É curioso notar que, apesar de existir, maioritariamente, bastante cuidado com a notação utilizada, esta varia de manual para manual. Por exemplo, cem ohms pode simbolizar-se por:

100 ohms (no manual M3); *100 O* (no manual M1); *100^{ohm}* (no manual M2)

Isto sugere que não existia uma uniformização da simbologia científica a este nível. O manual 7 (data de referência: 1950) é o único que faz referência a um sistema de unidades, o sistema de unidades *Giorgi*, um precursor do Sistema Internacional de Unidades (adoptado em Portugal em 1983).

Note-se, no entanto, que, no que diz respeito à simbologia correspondente aos sinais gráficos empregues nos esquemas de circuitos eléctricos, esta é comum a todos os manuais, uma vez que estes mesmos sinais gráficos foram regulamentados por documento legal específico para esta matéria, o Decreto-Lei de 2 de Abril de 1932.

Na descrição do procedimento experimental existe um grande número de manuais que vai indicando as grandezas a medir e os cálculos a efectuar (4.3). Este facto, encarado sob o ponto de vista dos pressupostos legais, poderia indiciar um excessivo direccionamento do aluno para o resultado final. No entanto, se se tiver presente, como já foi referido, que esta podia ser um das poucas fontes de informação para alunos e professores, esta poderia ser uma forma de garantir que professores e alunos chegariam ao resultado pretendido.

Apenas o manual 3 no trabalho TP1 recomenda que o aluno deve esboçar um esquema da montagem experimental (4.4).

5. Recomendações sobre exemplos de registos numéricos, análise de dados e síntese das conclusões

Uma percentagem bastante acentuada dos trabalhos práticos analisados (cerca de 80%), apresenta um exemplo concreto de registo de dados numéricos (5.1) com consequente análise (5.2). Este tópico referente ao exemplo concreto de registo e análise de dados aparece com diferentes títulos:

- *Experiência*; (ex: M3)
- *Exemplo*; (ex: M4) ou
- *Exemplo prático*. (ex: M7)

Pode dar-se a situação de, mesmo não havendo um exemplo com recomendações de valores numéricos, possa existir uma enumeração de conclusões (ex: M2_ TP2). Em aproximadamente 20% dos trabalhos analisados, verifica-se uma apresentação das principais conclusões que se pretende que o experimentador formule após o trabalho prático em questão (5.3).

Este recurso não vai de encontro ao preconizado pelos legisladores das várias reformas que defendiam que o aluno não deveria conhecer os resultados da experiência antes de a realizar (cf. Capítulos 2 e 3). Pode, no entanto, estar revestido de pertinência pedagógica na medida em que asseguraria que o professor estaria familiarizado com todos os procedimentos do trabalho e o aluno desenvolvesse a sua autonomia, uma vez que, individualmente, poderia confrontar os seus resultados com os resultados obtidos e, assim, desenvolver o seu espírito crítico.

A existência de tabelas informativas (5.4) é pouco significativa (cerca de 15%).

6. Apresentação de questões

Os manuais M3 e M4 sugerem um questionário no final do trabalho prático do qual constam questões sobre aspectos técnicos do trabalho prático (6.1.) e questões sobre aspectos teóricos subjacentes ao trabalho prático (6.2). As questões mais teóricas são mais frequentes que as directamente relacionadas com os aspectos práticos do trabalho.

Estas questões, cuja resposta normalmente é dada ao longo da descrição do próprio trabalho prático, poderão desempenhar um papel metacognitivo, na medida em que o aluno, após toda a “acção” tida na execução do mesmo, é compelido a parar e reflectir sobre: os conceitos teóricos, a metodologia utilizada, os passos do procedimento experimental e as suas próprias conclusões.

Quanto a referências a aplicações do dia-a-dia, não lhes é dada muita relevância explícita (pelo menos na parte prática de Física), sendo estas pontuais e resumindo-se a:

- mencionar a importância da escolha dos elementos de pilha na indústria e nos laboratórios (M1_TP2);
- apresentar a galvanoplastia e o papel do busca-pólos (M3_TP3);
- referir a utilidade dos potenciómetros na distribuição da energia eléctrica (M7_TP6);
- mencionar lâmpadas de uso comum com diferentes tipos de filamento para determinação do seu consumo específico no “Exemplo” (M7_TP7);

A análise e consequente discussão destes subcritérios permitiram distinguir um modelo de trabalho prático de Física vigente no período em estudo e cujas características se evidenciam no Capítulo seguinte.

Capítulo 6 – Considerações Finais

A partir de 1917, é manifesta a preocupação dos legisladores em estabelecer um tipo de organização das sessões de trabalhos práticos de Física, acentuando a sua relevância na formação dos alunos. Essa intenção é evidente ao prever a sua realização, com a duração de uma sessão semanal de hora e meia, para os alunos do curso complementar. Contudo, só em 1929 surge na legislação uma lista de trabalhos práticos de Física, a realizar de forma obrigatória nos liceus portugueses. A análise das orientações pedagógicas presentes nos decretos-leis referentes ao ensino da parte prática de Física nos liceus portugueses entre 1918 e 1954, evidencia o carácter marcadamente cumulativo desta legislação. Note-se, no entanto, a evolução do papel do professor, que se vai tornando cada vez mais relevante, e uma preocupação crescente em citar novas descobertas e em recusar a utilização de “aplicações numéricas” desnecessárias.

Até 1954, também a lista de trabalhos práticos obrigatórios foi sofrendo várias modificações ao longo de todas as reformas educativas.

Na área da Electricidade e Magnetismo, sobre a qual se debruçou este estudo, houve trabalhos que foram sendo, sucessivamente retirados e acrescentados de novo à lista oficial. No período temporal em estudo (de 1929 a 1973), houve dois trabalhos práticos que se mantiveram, apesar de sofrerem ligeiras alterações no respectivo método de execução: um dos trabalhos foi a medição da resistência de um condutor e o outro foi a medição da intensidade de corrente eléctrica com um voltâmetro. A existência de, pelo menos, dois modos de execução num destes dois trabalhos revela a ênfase atribuída ao método experimental.

Com o intuito de melhor identificar o(s) modelo(s) de ensino e aprendizagem da componente prática de Física nos liceus, reuniu-se um conjunto de manuais de trabalhos práticos: cinco da amostra A (1936-1947) e três da amostra B (1948-1954).

A leitura dos vários decretos-leis articulada com a análise dos trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo nos manuais seleccionados, permitiu descortinar quais os aspectos mais valorizados na implementação destes trabalhos práticos:

- ✓ Introdução teórica aos métodos experimentais a utilizar na realização do mesmo, tendo em conta se esta é feita com a inclusão de esquemas ilustrativos, expressões matemáticas e/ou tabelas.

-
- ✓ Presença de um ou mais métodos experimentais para a medição de uma dada grandeza física.
 - ✓ Apresentação da constituição, modo de funcionamento e, consequentemente, principais cuidados a ter no manuseamento do material/equipamento.
 - ✓ Destreza manual (em particular, nos trabalhos de medição); Início da prática de operações elementares de laboratório, principalmente medições.
 - ✓ Faculdade de observação cuidada (por exemplo, na medição do volume de um gás num voltâmetro de hidrogénio).
 - ✓ Utilização de simbologia coerente e explicitação do seu significado.
 - ✓ Valorização explícita do registo nos trabalhos laboratoriais (com inserção de exemplos de registos de dados e sua análise).
 - ✓ Capacidade de interpretar resultados.

O estudo dos critérios de análise dos trabalhos práticos em questão evidencia que estes obedecem aos princípios preconizados no programa para a componente prática de Física nos liceus no período considerado. O aspecto que mais se distancia da legislação é a apresentação de exemplos numéricos concretos para o registo e análise de dados e de conclusão. Este facto contraria as orientações pedagógicas expressas nos decretos-leis referentes às várias reformas mencionadas que defendem que o experimentador não deve, *a priori*, conhecer os resultados e conclusões.

Este trabalho permitiu obter uma perspectiva histórica da forma como os trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo foram implementados no período temporal estudado, recorrendo para tal à análise da legislação e manuais de trabalhos práticos e, consequentemente, contribuir para o conhecimento da evolução do ensino da Física nas escolas portuguesas.

As preocupações manifestadas pela análise dos trabalhos práticos de Electricidade e Magnetismo da amostra em estudo não se revelaram assim tão díspares das preocupações manifestadas, actualmente, relativamente ao preconizado nos programas de Física e Química A do ensino secundário. Também hoje se pretende que o

aluno desenvolva, assim como no contexto temporal deste estudo, o seu espírito crítico e a sua autonomia (Martins, I. *et al*, 2001). A forma como esta valorização é incentivada é que difere: nos documentos estudados neste trabalho esta preocupação é evidente no rigor exigido na execução das medições e na rigidez do equipamento laboratorial utilizado, por exemplo. Actualmente, defende-se essa valorização na realização de trabalhos práticos de carácter mais aberto, no sentido em que não existe tanto formalismo no rigor da execução, mas é mais enfatizada a reflexão sobre a escolha de equipamentos alternativos para a realização de um determinado trabalho prático e reflexão sobre o controlo de variáveis associado à sua execução.

As principais limitações deste trabalho foram a dificuldade em reunir um conjunto de manuais de trabalhos práticos que permitissem analisar as propostas de vários autores para cada trabalho. Isso pode, contudo, relacionar-se com o facto de poderem não ter existido outros manuais alternativos e de a legislação não indicar, para a parte experimental, qualquer livro aprovado.

Existem algumas questões levantadas no decorrer deste estudo que sugerem a realização de outros trabalhos de investigação a realizar futuramente, como sejam, o estudo da implementação de trabalhos práticos de outras áreas, por exemplo, da Mecânica ou da Óptica; ou o estudo evolutivo da linguagem gráfica utilizada nos mesmos (ilustrações, desenhos de instrumentos, esquemas de montagens e até mesmo simbologia utilizada).

Bibliografia e outros recursos

Albuquerque, L. (1960). *Notas para a História do Ensino em Portugal*. Textos Vértice.

Aleixandre, M. P. (1997). *Libros de texto: un material entre otros*. Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales, Vol. 11, pp. 55-64

Almeida, P. (2003). *O Trabalho Prático no Ensino da Física no Ensino Básico*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

Amador, M. E. (2007). *O Ensino Experimental da Física nos liceus até ao 2º quartel do século XX – estudo da introdução da disciplina de Física nos cursos dos liceus e evolução do ensino experimental do ensino experimental de Física, desde o século XIX até ao 2º quartel do século XX*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Angós, T. & Calleja, T. (1997). “Análisis de los libros de texto”. *Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol. 11, pp. 55-64.

Battifoglia, E. (2004). “Popularised science communication modes in Italian popular science magazines: 1788-2002”. *Journal of Science Communication*. Vol. 3, nº 1.

Bensaude-Vincent (2006). “Textbooks on the Map of Science Studies”. *Science & Education*. Nº 15, pp. 667-670.

Bertomeu-Sánchez, Garcia-Belmar, A., Lundgren, A. & Patiniotis, M. (2006). “Scientific and Technological Textbooks in the European Periphery”. *Science & Education*. Nº15. pp. 657-665.

Cachapuz, A. Malaquias, I. Martins, I., Thomaz, M. & Vasconcelos, N. (1987). *Proposta de um Instrumento de Análise de Manuais Escolares de Física e Química*. Universidade de Aveiro.

Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Ministério da Educação.

Caldas, H. & Saltiel, E. (2001). “Uma metodologia de análise de textos escolares: um exemplo com conteúdo de Física”. *Revista Portuguesa de Educação*. Vol. 14, Nº1 , pp. 215-237.

Carvalho, R. (2001). *História do Ensino em Portugal – Desde a Fundação da Nacionalidade até ao Regime Salazar-Caetano*. 3ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian.

Choppin, A. (1992). *Les manuels scolaires – Histoire e actualité*. Hachete Éducation.

Crato, N. (org.) (2006). *Ser Professor – Rómulo de Carvalho*. Gradiva.

Constantino, P. (2006). *Instrumentos de Acústica no Ensino da Física – estudo de caracterização e comparação dos instrumentos de Acústica no ensino liceal e universitário em Coimbra na 2ª metade do século XIX*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Duarte, M. (199b). “Investigação em Ensino das Ciências: influências ao nível dos manuais escolares”. *Revista Portuguesa de Educação*. Vol. 12, nº 2, pp-227-248.

Enciclopédia Visual Ciência – Electricidade (1993). Editorial Verbo.

Gil, F.. (coord.) (2001). *A Ciência tal qual se faz*. Edições João Sá e Costa, Lda., pp.203-213.

Gomes, M. E. (2007). *O Desenvolvimento do Ensino da Física Experimental em Portugal entre 1780 e 1870*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro.

Kragh, H. (2001). *Introdução à Historiografia da Ciência*. Porto Editora, pp. 133-147.

Leite, L. (2001). “Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências”. *Cadernos Didácticos de Ciências – Vol, 1*. Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.

Lewenstein. B. (2007). “Why sould we care about science books?”. *Journal of Science Communication*. Vol. 6. Nº 1.

Malaquias, I., Martins, D., Valente, M., Lopes, M., Gomes, E., Saraiva, C. (2008). *Baú da Física e da Química – Instrumentos antigos de Física e Química de Escolas Secundárias em Portugal*. Sersilito – Empresa Gráfica, Lda.

Martins, A., Malaquias, I., Martins, D. *et al* (2002). *Livro Branco da Física e da Química: Diagnóstico 2000; Recomendações 2002*. Sociedade Portuguesa de Física. Sociedade Portuguesa de Química.

Martins, A., Sampaio, A., Gravito, A. *et al* (2005). *Livro Branco da Física e da Química: Opiniões dos alunos 2003*. Sociedade Portuguesa de Física. Sociedade Portuguesa de Química.

Martins, D. R. & Alte da Veiga, L. (1992). “A evolução dos instrumentos de medidas eléctricas no século XIX”. *Gazeta da Física*. Vol. 15 (2), pp. 46-55.

Martins, D.R. (2001). “As Ciências Físicas em Coimbra de 1850 a 1900”. *Gazeta da Física*. Vol. 24 (1), pp. 15-19.

Martins, I., Caldeira, H. *et al* (2001). *Programa de Física e Química A – 10º ano*. Ministério da Educação.

Nóvoa, A. & Santa-Clara, A.T. (coord.) (2003). *Liceus de Portugal - Histórias, Arquivos, Memórias*. Edições Asa.

Olesko, K. (2006) Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present and Future. *Science & Education*. Nº 15, pp. 863-880.

Saraiva, C. (2003). *Evolução histórica da abordagem do electromagnetismo e indução electromagnética nos livros de texto para o ensino secundário*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

PORBASE – Base Nacional de Dados Bibliográficos

URL: <http://opac.porbase.org>

Manuais escolares consultados:

Areal, A. (1943). *Novo Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu*. Editora Nacional.

Brito, J. X. (1950). *Lições de física experimental: para o 2º ciclo do ensino liceal*. Tipografia Gráfica Santelmo.

-
- Ferreira, H. A. (1936). *Trabalhos Práticos de Física*. Livraria Sá da Costa.
- Gomes, A. (1949). *Lições de física experimental: em harmonia com o programa do 7º ano dos liceus*. Livraria Simões Lopes.
- Guerreiro, A. & Seixas, R. (1950). *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu*. Livraria Simões Lopes.
- Guerreiro, A. & Seixas, R. (1952). *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu*. Porto Editora.
- Guerreiro, A. & Seixas, R. (1973). *Trabalhos Práticos de Física para o 6º e 7º anos do Liceu*. Porto Editora.
- Machado, A. R. (1920). *Lições elementares de física experimental para o curso geral dos liceus: 3ª classe*. Livraria Cruz.
- Prudente, N. (1937). *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu*. Livraria Simões Lopes.
- Prudente, N. (1946). *Guia de Trabalhos Práticos de Física: 4º, 5º e 6º anos do Liceu*. 6ª edição. Livraria Figueirinhas.
- Romariz, A. & Romariz, A. (1941). *Trabalhos Práticos de Física e Química 2º Ciclo: I Parte – Física*. Editora Educação Nacional, Lda..
- Seixas, R. & Soeiro, A. (1952). *Lições de física experimental: 2º ciclo dos liceus*. Empresa Industrial Gráfica do Porto, Lda.
- Seixas, R. & Soeiro, A. (1951) *Compêndio de Física para o 2º ciclo dos liceus*. Porto Editora, Lda..
- Silva, L. & Peixoto, I. (1950). *Guia de Trabalhos Práticos de Física para o 3º ciclo dos Liceus*. Porto Editora.
- Teixeira, J. (1960). *Curso de Física para o 3º ciclo dos liceus. Tomos II – 7º ano*. Porto Editora Lda..
- Vasconcelos, A. (1919). *Lições práticas de física em harmonia com o programa da I, II classe dos liceus*. Livraria Portuense de Lopes & C.^a.

Legislação Consultada:

Decreto nº 3, 3 de Novembro 1905
Decreto nº 3091, 17 de Abril 1917
Decreto nº 4650, 14 de Julho 1918
Decreto nº 4799, 12 de Setembro 1918
Decreto nº 5002, 28 de Novembro 1918
Decreto nº 6316, 30 de Dezembro 1919
Decreto nº 6675, 12 de Junho 1920
Decreto nº 6865, 31 de Agosto 1920
Decreto nº 13 056, 20 de Janeiro 1927
Decreto nº 13 239, 27 de Fevereiro 1927
Decreto nº 15 939, 11 de Setembro 1928
Decreto nº 16 362, 14 de Janeiro 1929
Decreto nº 18 885, 27 de Setembro 1930
Decreto nº 20 369, 8 de Outubro 1931
Decreto nº 21 049, 2 de Abril 1932
Decreto nº 22 146, 16 de Novembro 1932
Decreto nº 27 084, 14 de Outubro 1936
Decreto nº 27 085, 14 de Outubro 1936
Decreto 36 508, 17 de Setembro 1947
Circular nº 1 418, 4 de Outubro 1947
Circular nº 1448, 9 de Dezembro 1947
Decreto nº 36 755, 17 de Fevereiro 1947
Decreto nº 37 112, 22 de Outubro de 1948
Decreto nº 37 892, 21 de Julho 1950
Decreto nº 37 944, 29 de Agosto 1950
Decreto nº 37 985, 27 de Setembro 1950
Decreto nº 38 443, 29 de Setembro 1951
Decreto nº 38 812, 22 de Julho 1952
Decreto nº 39 807, 7 de Setembro 1954
Decreto nº 40 679, 12 de Julho 1956
Decreto nº 41 280, 20 de Setembro 1957
Decreto nº 41 691, 24 de Junho 1958